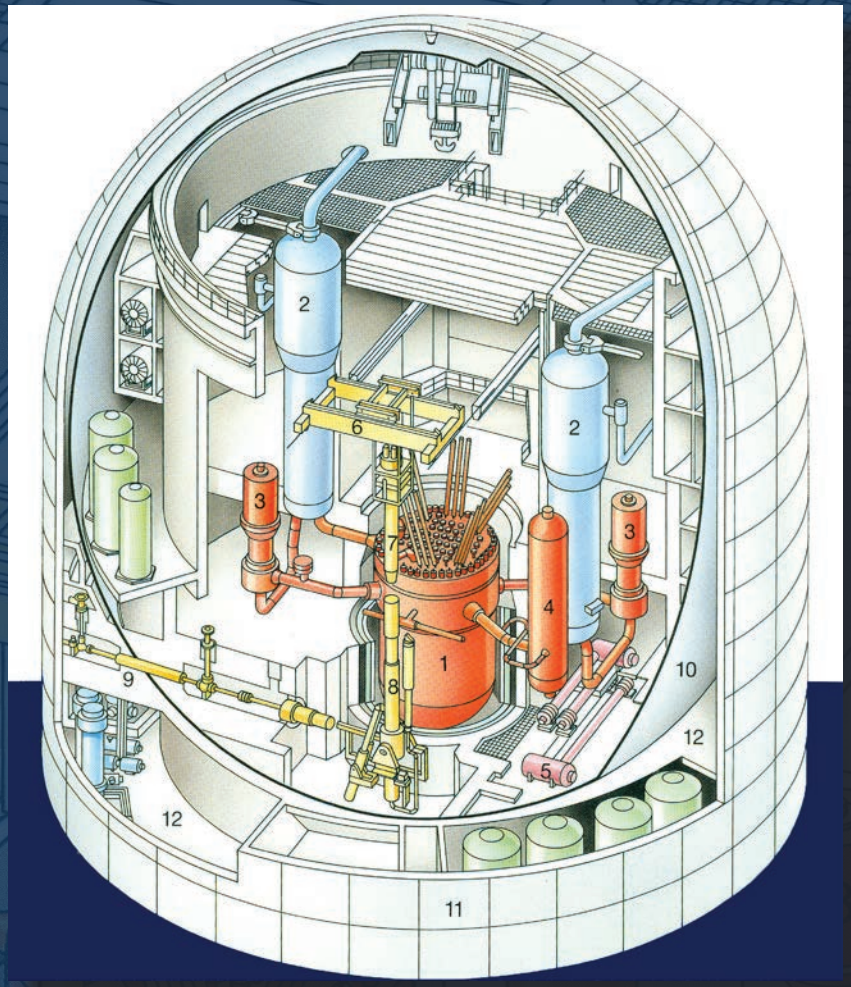
CRÓNICA DE UNA REPARACIÓN (IM)POSIBLE

El incidente de 1988 de la C.N. Atucha I



Juan C. Almagro Roberto P.J. Perazzo Jorge I. Sidelnik

-Juan Carlos Almagro, es Ingeniero Metalúrgico (UNLP). Trabajó en la Comisión Nacional de Energía Atómica, en la Universidad de Birmingham, Reino Unido y en Nucleoeléctrica Argentina S.A. Realizó docencia e investigación en unión de metales en estado sólido y otros temas dentro de la transformación mecánica de metales. Ha dedicado su mayor tiempo profesional a la gestión en proyectos tecnológicos. En la CNEA fue Jefe del proyecto de desarrollo de la fabricación de vainas de elementos combustibles y componentes de circonio para los reactores nucleares, Gerente de tecnología en el Centro Atómico Ezeiza (Procesos Químicos) y Coordinador Ejecutivo del Proyecto Internos del Reactor.

-Roberto P.J. Perazzo, es Dr. en Física de la FCEN-UBA. Fue Subsecretario en Ciencia y Técnica, miembro del Directorio de la CNEA y organizador del Doctorado en Ingeniería del ITBA. Realizó investigaciones en física nuclear, redes neuronales y sistemas complejos (biología teórica y economía). Es Académico de la Academia Nacional de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Fue investigador/docente en universidades de EE.UU., Brasil, Italia, Alemania y Francia. Fue consultor de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica y de la Comisión Nacional de Estudios Espaciales.-

-Jorge I. Sidelnik, es licenciado en física y cursó una maestría en economía de la energía y medio ambiente en la Fundación Bariloche. Participó de la puesta en marcha de la Central Nuclear de Embalse. En Atucha I participó activamente en el incidente del año 1988 y en la utilización de uranio levemente enriquecido como combustible. Comandó el estudio de factibilidad de la cuarta central y la puesta en funcionamiento de Atucha 2. Hasta 2015 fue Gerente General de Nucleoeléctrica Argentina S.A.-

Almagro, Juan Carlos

Crónica de una reparación (im)posible : el incidente de 1988 de la C.N. Atucha I / Juan Carlos Almagro ; Roberto Perazzo ; Jorge Isaac Sidelnik. - 1a edición especial. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias, 2017.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga

Edición para la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias

ISBN 978-987-28123-6-2

1. Central Nuclear. 2. Energía. 3. Historia de la Ciencia Argentina . I. Perazzo, Roberto II. Sidelnik, Jorge Isaac III. Título

CDD 629.134

Ficha de catalogación

CRÓNICA DE UNA REPARACIÓN (IM)POSIBLE

El incidente de 1988 de la C.N. Atucha I.

Juan Carlos Almagro

Roberto Perazzo

Jorge Isaac Sidelnik

Diseño: AAPC

Maquetador: Gabriel Gil

Editado en 2017 por

AAPC
ASOCIACION ARGENTINA PARA
EL PROGRESO DE LAS CIENCIAS

Prohibida su reproducción total o parcial sin citar la fuente

ISBN Nº 978-987-28123-6-2

Queda hecho el depósito que marca la Ley 11.723

http://www.aargentinapciencias.org/

© 2017 ASOCIACIÓN ARGENTINA PARA EL PROGRESO DE LAS CIENCIAS

DEDICATORIA

*A la memoria de **Emma Pérez Ferreira***
Por su fe inclaudicable en la tecnología nacional

*A la memoria de **Bernardo Murmis***
Por su identificación con la producción nacional de la energía nuclear

ÍNDICE

Pág.

PREFACIO 8

PRÓLOGO J. C. Duarte 10

1.EL PRIMER PASO ARGENTINO EN LA PRODUCCIÓN DE ENERGIA NUCLEAR 19
1.1 La Central Nuclear Atucha-I 19
1.2 La Central antes de agosto del '88 23

2. EL INCIDENTE DE AGOSTO DEL '88 30
2.1 Del 11 al 15 de agosto 1988: cuatro días de incertidumbre 30
2.2 Los primeros contactos con el diseñador 36
2.3 Las primeras negociaciones para reparar la CNA-I 41
2.4 La primera orden de trabajo 45
2.5 Desencuentros 48

3. LA CNEA TOMA LA INICIATIVA 55
3.1 Afrontando el problema 55
3.2 Las inspecciones 58
3.3 Comienzan los trabajos en el interior del tanque del moderador 61
3.4 El momento de las definiciones 70
3.5 Los caminos se separan 75
3.6 Anatomía del percance de agosto 80

3.7 El año 1989: camino al re-arranque de la central 84
3.8 La Misión de OIEA 92

4. CONCLUSIONES 99
4.1 Las negociaciones y la toma de decisiones 99
4.2 El contexto 101
4.3 Balance 103

5. EPILOGO 106

APÉNDICE I: El reactor de la CNA-I 111
APÉNDICE II: El aporte de las empresas del Sector Nuclear 117
APÉNDICE III: El Grupo Asesoramiento y Apoyo a la Gerencia (GAAG) 122
Actividades durante el incidente 122
APÉNDICE IV: Estudio del material de los Canales Refrigerantes. Evaluación del Canal R06. Domingo Quilici 126
APÉNDICE V: Provisión del herramental y suministros metalmecánicos para la reparación de la CNA-I 133
APÉNDICE VI: Modificación de los Canales Refrigerantes de la CNA-II para la utilización de la CNA-I 137
APÉNDICE VII: Organigrama de la CNEA (Año 1988) 141

MISCELÁNEA: Estudio preliminar Técnico Económico de una Central Nuclear en el área del Gran Buenos Aires y Litoral 142
GLOSARIO 144
ABREVIATURAS 145
AGRADECIMIENTOS 148

PREFACIO

El presente libro surgió del trabajo de tres autores que comparten la experiencia de haber trabajado por muchos años en distintas dependencias de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). Juan Carlos Almagro, ingeniero metalúrgico, vinculado a áreas de desarrollos tecnológicos, Roberto P. J. Perazzo, físico teórico, realizó investigaciones básicas en el Departamento de Física y Jorge Isaac Sidelnik, físico, trabajó en las áreas de CNEA dedicadas a la producción de energía. Lo heterogéneo de este grupo fue una característica que también dominó la exitosa reparación del desperfecto que sufrió la Central Nuclear Atucha-I en 1988. Esta fue el resultado de un esfuerzo colectivo del personal de la CNEA que no tuvo precedentes ni por las dificultades técnicas encontradas ni por lo diverso que fue el espectro de especialidades del personal involucrado.

Han pasado ya casi treinta años desde ese momento y consideramos que los tiempos están maduros para hacer una modesta contribución para que aquellos esfuerzos pasen a formar parte de la historia de la CNEA y del desarrollo tecnológico nacional. El tiempo ya transcurrido garantiza que las pasiones se han aquietado y torna oportuna la aparición de esta crónica para que se puedan justipreciar serenamente los méritos y las limitaciones de las acciones involucradas. Consideramos con todo, que la exitosa reparación que realizó la CNEA dejó fuertes enseñanzas sobre la importancia de un desarrollo tecnológico autónomo nacional.

Ha sido intención de los autores no solamente el respeto a los eventos ocurridos, sino también reconocer méritos a todos los que contribuyeron a solucionar aquel problema. Somos conscientes que este segundo objetivo sólo se pudo cumplir parcialmente. Fueron muchos los actores y fue importante el entusiasmo que todos volcaron en su tarea. Fueron, también, accidentados los tiempos en los que esos trabajos debieron realizarse. Deseamos aquí agradecer y rendir homenaje a todo el personal de CNEA por su colaboración en aquella tarea y pedir al mismo tiempo disculpas por involuntarias omisiones.

Con el propósito de salvar parcialmente esas faltas hemos detallado algunas actividades particulares, requiriendo para ello la colaboración de D. Quilici, incorporándola en uno de los apéndices. Fueron explicitadas las tareas de evaluación metalúrgica de partes dañadas del reactor, la provisión del herramental y las modificaciones de los canales refrigerantes de la central Atucha II para ser utilizados en la central Atucha I. Finalmente se agregó un breve informe sobre el aporte de las empresas del sector nuclear. La crónica que hemos elaborado procuró evitar tecnicismos, sin embargo sabemos que ese objetivo, bastante difícil de alcanzar, está parcialmente salvado en un glosario.

En la tarea de la reparación que involucró a tanto y tan diverso personal es imposible recordar a todos. Sin embargo creemos importante destacar a dos de los principales actores, realmente esenciales en esa época, que hoy no están con nosotros. Uno fue la Dra. Emma Pérez Ferreira (Presidente de CNEA) y el otro fue el Ing. Bernardo Murmis (Director de Centrales Nucleares) que condujeron y apoyaron incondicionalmente al personal involucrado para llevar a buen final la reparación.

Finalmente debemos agradecer al Ing. Juan Carlos Duarte, responsable total de la reparación de la central que actualmente vive en Canadá, que con la energía, pasión y dedicación que siempre le pone a las cosas se avino a realizar un prólogo de este libro

PRÓLOGO

Que honor y responsabilidad el haberme ofrecido la preparación del prólogo de este documento, que refleja con tanta seriedad y detalle una etapa histórica para la actividad nuclear en Argentina.

Yo inicié mi actividad profesional en 1972, durante el final de la construcción e inicio de la puesta en marcha de la Central Nuclear Atucha I, me licencié en el primer grupo de Jefes de Turno, serví 11 años como Jefe de Operaciones en la Central Nuclear Embalse y finalicé mi Carrera en Argentina como Director de la Central Nuclear Atucha I, 20 años más tarde, tras superar el evento aquí descrito y operar la Central hasta Enero de 1993.

Recorrer el presente documento y tener la oportunidad de recordar, junto con sus autores, los detalles del evento y el éxito final, me llenó de emoción y me permitió recorrer aspectos inolvidables de mi vida profesional y personal.

Debo mencionar varios aspectos para prologar las múltiples áreas que son descriptas con detalle en el texto; las más importantes se refieren a la identificación de las causas del evento y la extensión de los daños en la estructura del núcleo del Reactor, los recursos humanos, las necesarias modificaciones a la organización para la recuperación del evento, la identificación de las herramientas y dispositivos requeridos, el diseño, fabricación y prueba de tales herramientas y dispositivos, la interacción con diversas gerencias de CNEA, la interacción con proveedores locales, la obtención del Manipulador Schilling, la relación con el proveedor de la Central (Siemens), la interacción con los varios visitantes/autoridades locales e internacionales, la relación y exigencias de la Autoridad Regulatoria Nuclear Argentina para cumplimentar actividades de rescate y el re-arranque de la Central y también la difícil relación con los medios y algunas organizaciones locales.

Luego de la detención de la Central debido al evento aquí descrito, no pudo determinarse, en forma inmediata, la causa real. Decidido el re-arranque y elevación de potencia hasta el 70%, se recurrió

a obtener la asistencia de un grupo de CNEA, a cargo del Dr. Lezcano formado en reactores experimentales, que había introducido la aplicación de "ruido neutrónico" para identificación espacial de cuerpos dentro del núcleo. De esa intervención se identificó un objeto móvil frente a una de las cámaras iónicas y en la posición del canal R06. Se requirió la inspección del Elemento Combustible que se había cambiado en R06, una semana antes. Del resultado de la inspección, surgió la necesidad de remover el combustible en R06 y allí se observó que faltaba un tramo inferior del mismo.

Se decidió detener la Central, informar a las autoridades y a Siemens por ser el diseñador e iniciar las primeras actividades requeridas para inspeccionar el interior del Tanque del Moderador.

De la primera inspección del interior del Canal R06, realizada con una cámara de TV que estaba desechada hacía algún tiempo y que fue reparada por un técnico del Departamento de Instrumentación y Control (Sr. Corvalán), se determinó que el tramo inferior del Canal se había "perdido".

Ese primer hallazgo introdujo desaliento en el personal superior de la Central; debo mencionar el enorme apoyo del Director de Centrales Nucleares (DCN) (Ing. Bernardo Murmis) y también del Gerente de la Gerencia de Procesos Químicos de CNEA (Ing. Juan Carlos Almagro) y su grupo.

Aparte de contar con la asistencia del Sr. Langer, de vacaciones en el área al momento del evento, Siemens tardó casi un mes en dar "señales de vida".

Aquí cabe mencionar algo muy importante, Siemens desde un principio trató de aconsejar que no se intente reparar la Central. La imagen de Siemens para el personal argentino que estuvo en relación con el grupo alemán desde la construcción, era la de personajes que técnicamente eran casi perfectos. Consecuentemente su opinión era poco más o menos que indiscutible. Esto se observó en el plantel superior de la Central y en ENACE (Empresa Argentina-Alemana) que era el Arquitecto-Ingeniero de Atucha II, que siempre tuvieron una estrecha relación con el proveedor.

Mi pasaje por el proyecto de la Central Nuclear Embalse, me permitió abrir un poco mi mente y considerar con respeto la experiencia de los Ingenieros que reportaban a mí, la de los especialistas de

CNEA y creer que “los Alemanes ya no eran los de antes!”; era más que evidente que en ellos primaba el interés comercial por sobre el orgullo técnico mostrado durante la puesta en marcha de la Central.

Pese a los rumores negativos, los Jefes de Departamento no explicitaban su posición, hasta que del resultado de una reunión con la Sra. Presidente de CNEA, Dra. Emma Pérez Ferreira, de visita sorpresa y cuando yo estaba en La Dirección de Centrales Nucleares, resultó que expusieron sus temores y la obvia desconfianza en el Gerente. La Dra. Pérez Ferreira me llamó por teléfono para preguntarme “si yo estaba seguro de que podíamos manejar la situación y encarar la recuperación de la Central”. Mi respuesta fue terminante y luego aclaré la situación con mis subordinados, en forma muy dura y pidiendo a cada uno que definieran si estaban con la Gerencia o no. Allí surgió el “equipo” que me acompañaría a superar la dura prueba que debíamos enfrentar.

Los mensajes de los ex-Atucha I que formaban parte de ENACE, y obviamente pro Siemens, los desechó o respondí con firmeza. Siemens, entretanto intentó detener el trabajo con un evidente interés comercial y con preocupación sobre el impacto en los Canales de Atucha II, ya construidos y almacenados en el sitio Atucha.

El tiempo pasaba y muy lentamente conseguimos iniciar una inspección sistemática con el empleo de una Cámara de Video Westinghouse obtenida a través de un contratista de CNEA. Riga y Almagro fueron clave para resolver problemas y apoyar a la Gerencia y a la DCN. El Sr. Langer, volvió de un corto viaje a Alemania con dos Cámaras de Video RHICO y dos equipos de edición para VHS.

Se inició un plan sistemático de inspecciones. Como estaba perturbado por problemas de iluminación se decidió contratar a la Universidad Nacional de Tucumán que tenía un laboratorio especializado en temas de iluminación en circunstancias severas; el resultado fue utilizar faros sellados de automóvil, lo que resolvió muchos de los problemas de inspección.

Entretanto, el tiempo pasaba enfrentando nuevos desafíos relacionados con herramientas y dispositivos especiales para la remoción de partes sueltas, entre las que se hallaban las chapas de acero inoxidable de el aislamiento del tanque del moderador, la remoción del tramo inferior del canal R06,

el tramo suelto del tubo sonda de nivel del Sistema Primario que había originado el daño al R06 así como a canales y estructura vecinos.

El apoyo de los grupos de CNEA, especialmente el liderado por el Sr. Julia y el Ingeniero Antonaccio se concretó en el diseño, construcción, prueba e instalación de varios dispositivos especiales.

Durante una reunión del GAAG[1], con asistencia de personal de la Central, CNEA y ENACE, el Ing. Gabriel Moliterno emitió su opinión sobre la necesidad de asignar un responsable para organizar y dirigir las intervenciones que fueran requeridas en el reactor con los múltiples dispositivos y herramientas. No creo que fuera una bravata pero sí una mezcla de inocencia y desafío al Gerente. No debió desafiar mi autoridad frente al grupo cuyos integrantes cruzaban pícaras miradas de asentimiento.

[1] Grupo de Asesoramiento y Apoyo a la Gerencia.

La respuesta fue inmediata, aceptando la idea y ordenando al Jefe de Administración (Contador Travaglio) que preparara una disposición formal designando a Moliterno como responsable del grupo de intervención y a su asistente Ing. Omar Semmoloni como nuevo Jefe del Departamento Mantenimiento Eléctrico, mientras el grupo de Ingeniería a través del Ing. Héctor Kohn continuaba con las inspecciones. El nuevo grupo se llamaría Grupo de Herramientas. Este grupo fue primordial en la reparación y limpieza del reactor.

El Grupo de Herramientas, liderado por Moliterno, fue integrado por personal de Mantenimiento y Operaciones trabajando en turnos rotativos. Cada guardia era dirigida por ingenieros (Ayudantes de Jefe de Turno de Operaciones) que desarrollaron una tarea encomiable. Tal fue la dedicación y el compromiso personal con la tarea que es de destacar que promediando los trabajos de limpieza y recuperación los Jefes de Guardia habían alcanzado una dosis de radiación próxima a los 50 mSv. y pidieron a la gerencia que se solicitara al CALIN una excepción para continuar los trabajos hasta terminar o alcanzar 100 mSv. en el año. Esa posición fue aceptada por la autoridad como extrema excepción. Esta actitud permitió completar los trabajos con el personal más experimentado, evitando demoras adicionales para entrenar nuevo personal de reemplazo.

Como consecuencia de mi asistencia a una reunión sobre Aseguramiento de Calidad (QA) para Gerentes de Centrales, organizada por el Secretario Técnico del área correspondiente del OIEA, Dr. Néstor Pieroni (ex físico de Reactores del Dep. de Ingeniería de CNA I), en Toronto-Canadá, donde presenté el problema que estábamos enfrentando en CNA I, contacté al Jefe del Laboratorio de AECL en Sheridan Park, quien fuera uno de los Superintendentes de Puesta en Marcha de la Central Nuclear Embalse (Erwin Rummel), y acordamos que nos visitaría para evaluar si podían aplicar los recursos y experiencia de una inspección en similares condiciones, que había sido realizada en uno de los reactores de la Central Nuclear de Bruce-Ontario.

Durante la visita del Ing. Rummel, le pedí que me diera su opinión sobre las herramientas sugeridas por Siemens y lo presenté a dos especialistas de Siemens que discutían ciertos aspectos con un grupo del Depto. Ingeniería de la CNA I; esta situación puso muy intranquilos a los técnicos alemanes, que era en realidad mi objetivo para demostrarles que había otros recursos, como alternativa a la baja colaboración que ellos habían demostrado. AECL, a través de su representante en Buenos Aires (Ing. Raul Palou), presentó una propuesta para tomar a cargo la intervención en la Central. La propuesta fue aprobada por el Ing. Murmis y la Dra. Pérez Ferreira, con cierto alivio pues de ese modo podríamos progresar en la recuperación de la Central sin depender de Siemens que aún se mostraba renuente a asumir la responsabilidad del diseñador original de la central. El alivio duró poco más de un día pues en Ottawa-Canadá el gobierno anuló la intervención de AECL en CNA I debido a que Argentina no había ratificado los tratados de no proliferación nuclear (TNP y Tlatelolco). Una nueva decepción y nuevo desafío.

El Ing. Rummel, quedó también muy decepcionado por la decisión de su gobierno, me llamó para informarme que el único manipulador que podía ser insertado a través de los huecos dejados en la tapa del Reactor, por los Canales removidos (diámetro de 121 mm) era un manipulador de origen norteamericano fabricado por la firma Schilling. Se inició la búsqueda de la manera de lograr una excepción del gobierno norteamericano para autorizar la exportación del dispositivo, y de otras alternativas para suministrar un dispositivo que pudiera ser operado a través de los 121 mm mencionados. Ello tomaría alrededor de 24 meses de acuerdo con lo informado por los fabricantes de tales dispositivos.

A mediados de Enero de 1989, un amigo de CNEA, el Ing. Jaime Rozenblum, logró que el embajador de USA en Buenos Aires, a quien conocía con anterioridad, lo recibiera; el Ing. Murmis y yo acompañamos a nuestro amigo Jaime como apoyo técnico. Jaime fue muy convincente y hábil; la reacción del Embajador fue inmediata pues a primera hora del día siguiente en mi oficina de la Central, recibí un fax del Sr. Schilling, pidiéndome que me comunicara con él pues había recibido un fax del Departamento de Estado y otro del Departamento de Energía preguntando acerca de su "negativa" a proveernos sus servicios que no sabía que necesitábamos. Aclarada la situación y recuperados de la sorpresa, iniciamos la gestión de compra correspondiente. Estábamos otra vez en carrera!

El Ing. Riga fue determinante en lograr la aprobación de la Orden de Compra y "navegar" los pasillos del Ministerio de Economía para completar los pasos necesarios para hacer efectiva la orden de compra, en un tiempo de alrededor de una semana; probablemente un récord para la administración pública.

El Sr. Langer y el Ingeniero Moliterno fueron destacados a los laboratorios de Schilling, en California, para apoyar en la definición de la adaptación, construcción y pruebas de 3 manipuladores; un experto de Schilling viajó a CNA I para el armado, pruebas y entrenamiento de los Operadores en la maqueta a escala 1 en 1, preparado originalmente en el edificio de máquinas. Pronto se notó la presencia de personal de otras áreas de CNEA que aportaban sus conocimientos y experiencia integrando un equipo cada vez más grande para encarar los desafíos emergentes del evento original.

Mientras esto pasaba, recibimos la visita del Presidente Raul Alfonsín quien en un tono severo expresó: *"quería saber que ocurría en la Central".*

Desde el evento en Agosto 1988, la presión de los medios y grupos ambientalistas, no dejaban de arremeter contra la central. Hubo una edición de Pagina 12 con su tapa incluyendo una foto retocada del edificio del reactor, mostrando grandes grietas, y como titular "La atamos con Alambre". También hubo una visita de Greenpeace internacional, con su barco RainBow II, acompañado por varias embarcaciones con gente de los medios, incluyendo cámaras de un canal de la capital. Desembarcaron en el Canal de Descarga de la Central y colgaron un cartel pasacalle, con texto contra la Central y la

energía nuclear. El cartel fue removido por Gendarmería Nacional a la que requerí que no intervengan deteniéndolos, para evitar un impacto mayor en los medios.

Cabe destacar que, aunque la radio FM de Lima solía propalar entrevistas al representante de Greenpeace Argentina, la población llamaba a la estación para demostrar su apoyo a la Central; en Zárate hubo algunas protestas en contra de la Central pero con la inestimable colaboración *ad-honorem* de un técnico del Centro Atómico Constituyentes se hicieron algunas presentaciones con respuestas a inquietudes de los vecinos participantes.

Políticamente, el nombre de la Central fue utilizado por la Secretaria de Energía y los medios como una nueva unidad de medida para definir el alcance de los "cortes" de electricidad (cada corte era equivalente a "tantas Atuchas"); con esa actitud se intentaba cubrir las falencias del Sistema Eléctrico para responder a la demanda, creando así una imagen negativa que veían a la Central como el origen del problema.

En ese proceso, el Dr. Beninson, a cargo temporalmente de la Presidencia, por ausencia de la Dra. Pérez Ferreira, me pidió enfáticamente que atendiera a un programa radial en Rosario (Radio Cerealista) de 4 horas de duración y con atención de llamadas de los oyentes. Los llamados no estaban relacionados con el problema en CNA I sino a los efectos de una Resolución de la Secretaría de Energía, como medida tendiente a reducir el consumo, que establecía penalidades y el corte del servicio para los consumidores domiciliarios que superaran un límite de consumo, de por si muy exiguo. La resolución penalizaba a las víctimas de la falta de suministro eléctrico y no a los responsables. Promediando el programa recibí una llamada de un ama de casa que pedía mi consejo pues tenía su madre en un respirador y sabía que el consumo seguramente superaría el límite establecido por la Resolución y consecuentemente le interrumpirían el servicio. La respuesta fue que si ese era el caso no permitiera que le interrumpieran el servicio y llamara a la Policía; mi respuesta la tomó el conductor del programa y la usó como muletilla durante el resto del programa. En general los llamados incluían el agradecimiento "por dar la cara". Esto evidenciaba cuán lejos estaban los funcionarios de los ciudadanos.

En el texto se describen reuniones de funcionarios de Siemens con la presidencia de CNEA, el presidente del CALIN, el director de Centrales Nucleares, otros Gerentes de CNEA, incluido el Gerente de CNA I; en ellas se evidenció el interés de Siemens en detener los trabajos en ejecución y en proponer que un grupo profesional se hiciera cargo de los trabajos para encarar un plan que transformaban la reparación en un largo y costoso trabajo. La presidente me preguntó si yo aceptaría que alguien se hiciera cargo de eso, a lo que asentí pero aclaré que quien fuera asignado debería aportar recursos monetarios pues no estábamos en condiciones de disponer de las cantidades que se mencionaban; la reacción de Siemens fue inmediata señalando que en esas condiciones no podían mantener la propuesta. ¿Era importante reparar la Central? ¿O sólo era el controlar los trabajos y lograr un buen contrato comercial para el proveedor?

Otra visita importante fue la del Secretario General del OIEA, Dr. Hans Blix y en reunión con Pérez Ferreira, Beninson, Murmis y yo, presentó su preocupación por el problema de CNA I mostrando una Carta de Siemens en ese sentido y sugiriendo detener los trabajos. Mi reacción fue preguntar cuánto le había pagado Siemens por su intervención. El rostro de Blix mostró su sorpresa. Inmediatamente agregué que entendía que los miembros de la OIEA eran países y no empresas comerciales, de manera que no comprendía por que traía un tema que presentó el proveedor. Ante la sorpresa de los asistentes a la reunión dijo “déjenme ayudar de alguna forma”. El Dr. Beninson expresó su idea de contar con un grupo de técnicos que analizaran los trabajos y los planes para re-arrancar la Central. Allí comenzó el proceso de designación del grupo de expertos que concurrió a Buenos Aires con ese cometido, como se detalla en el texto.

Desde un principio, la autoridad regulatoria (CALIN) tuvo acceso a toda la información surgida de las inspecciones y de las reuniones del GAAG, a todos los informes técnicos, así como también a los trabajos en la instalación y a reuniones técnicas sobre los trabajos y los planes de re-arranque de la planta. Es importante mencionar que los requerimientos del CALIN para el re-arranque fueron clave para definir e implementar actividades que de otra manera no surgían claramente en los planes mencionados.

Dos aspectos eran de suma importancia para el representante de CALIN (Dr. Rodolfo Touzet) uno era la necesidad de asegurar que partes sueltas, que quedaran luego de la limpieza del tanque del moderador y principalmente del plenun inferior, pudieran afectar la refrigeración de los elementos combustibles, así como dificultaran la operación de las válvulas del Sistema del Moderador (Válvulas Fiat), componentes vitales para la seguridad de la Planta. El tema de la refrigeración del combustible fue discutido ampliamente y se organizaron algunas pruebas, como se indica en el texto; el tema de las válvulas Fiat le fue asignado al Ing. Riga quien contactó al responsable del "loop" de prueba de la empresa y quien fuera el responsable de las pruebas originales de las válvulas previo a su liberación para la instalación en la Central. Fue asignado el Ing. A. Bottos, del Departamento Mantenimiento Mecánico para asistir a las pruebas de operación de la válvula original usada para las pruebas de aceptación de las válvulas originales; su misión fue la de asistir a las pruebas y participar en el desarme y rearmado de la válvula, en cada fase del plan de pruebas y la preparación de un procedimiento de desarme y armado para el caso de una intervención in situ.

El re-arranque se realizó de acuerdo a un plan de puesta en marcha que se basaba en operar a potencias escalonadas con inspecciones intermedias; el proceso era seguido por un comité de puesta en marcha, como está indicado en el texto. Al inicio de este proceso, se recibió la visita del nuevo presidente de la Nación Dr. Carlos Saúl Menen acompañado por el Presidente de la CNEA Dr. Manuel Mondino (Mondino había sido miembro del GAAG cuando se desempeñaba como Gerente de CNEA).

De la crónica que sigue, y de algunos detalles presentados arriba, surge que, aparte de los múltiples desafíos técnicos, el evento y su recuperación incluyeron variados aspectos que pudieron ser parte de una apasionante novela. En efecto hubo suspenso, drama, intriga, héroes y villanos, a veces duras relaciones locales e internacionales, destacados personajes de la política y la diplomacia internacional. Creo que este comentario refleja con que pasión y excitación se vivieron los momentos posteriores al desperfecto, hasta la recuperación y re-conexión al Sistema Nacional Interconectado. Sean los lectores bienvenidos al texto que describe los detalles de una trascendente etapa de la energía nuclear en Argentina.

Juan Carlos Duarte

CAPÍTULO 1

1. EL PRIMER PASO ARGENTINO EN LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA NUCLEAR

1.1 La Central Nuclear Atucha-I

En la década del 60 la CNEA había acumulado una respetable experiencia en tecnología nuclear. Se habían individualizado y explotado yacimientos minerales de Uranio, se desarrollaron aplicaciones de radiaciones ionizantes y la producción y el uso de radioisótopos. Se había conformado un cuadro de profesionales activos en el área de la metalurgia y en ingeniería de reactores mediante desarrollo de reactores de investigación. Existían además actividades regulares de investigaciones básicas, tecnológicas y de docencia superior en física en las que se habían concretado logros sobresalientes, sumadas a investigaciones en termohidráulica, fisicoquímica y en el área de combustibles nucleares. Existía además una actividad regular de asistencia técnica a la industria.

En 1965 la CNEA inició una transición por la que, sin dejar de accionar en investigación, desarrollo y aplicaciones incorporó la producción de energía nucleoeléctrica. Esta nueva actividad trajo aparejado un manejo distinto de la gestión de sus obras y la responsabilidad de operar una planta conectada al sistema eléctrico con reglas y objetivos diferentes que los que tenía la institución hasta ese momento.

Estaba claro para los que participaban de las actividades nucleares, que la continuación natural de lo que se venía haciendo debía inevitablemente contemplar la producción industrial de energía nuclear. Para estos fines, se barajaron varias ideas. Entre ellas estaba la de diseñar y fabricar un reactor de potencia intermedia y también la que finalmente se aprobó, que fue montar y poner en producción un reactor para alimentar la red eléctrica interconectada[2]. Argentina se propuso, en ese acto y como lo hacían otros países, diversificar las fuentes de energía complementando la generación eléctrica convencional con energía nuclear.

[2] El 22 de enero 1965 el presidente Illia firmó el decreto 485/65 dando su aval a la iniciativa de CNEA para la instalación de un reactor de potencia para abastecer el sistema interconectado nacional encomendándole la realización del correspondiente estudio de factibilidad. El estudio fue presentado en mayo de 1966 un mes antes del golpe militar que derrocara el gobierno.

Por ese camino llegó a operar la central de Atucha que suministra energía eléctrica al Sistema Interconectado Nacional. Aun cuando en algunos períodos no había sido operada como central de base[3] mostraba después de 14 años un desempeño sobresaliente en el ámbito nacional e internacional tanto en producción de energía como en su disponibilidad. En 1988 debió interrumpir su funcionamiento por 16 meses, precisamente cuando más se demandaba su servicio por las debilidades del parque energético nacional. La central había sido afectada por un problema totalmente inesperado.

Sin embargo, para que la producción de energía nuclear capitalizara los esfuerzos previos de desarrollo y aprendizaje y posibilitara un salto en el perfil industrial, la tarea de contratar la compra, montaje y operación de la futura central nuclear fue condicionada a que se asegurara que tanto su operación como su construcción se realizaran con la máxima contribución posible de participación nacional. La contratación de una central nuclear se transformó así en un impulso concreto del desarrollo de tecnología nuclear; hizo además que los nuevos métodos de construcción y montaje propios de ese campo pasaran a ser normas obligadas de conducta de importantes sectores de la industria y la ingeniería nacionales.

Se abría de este modo un camino que iba más allá de la mera diversificación en la producción de energía eléctrica y que podía llevar a participar a la industria nacional en la cadena de suministros de centrales nucleares. En esos tiempos el diseño y construcción de centrales nucleares y la producción de energía por ese medio no estaban concentrados en unos pocos grandes jugadores y no era una fantasía irrealizable aspirar a ser un proveedor internacional total o parcial en esa área. Mucho más allá de lo nuclear, en esa opción estaba implícita la intención de cambiar el perfil productivo del país.

Durante 1963/64 aquel propósito de maximizar el aporte nacional en la central nuclear estuvo presente en todas las negociaciones para la adquisición de la que luego recibiría el nombre de Central Nuclear Atucha I (CNA-I). Se subordinaron a esa idea la elección de la combinación de uranio natural como combustible y agua pesada como moderador y refrigerante, la potencia de la central, su tiempo de construcción, la financiación y la provisión y manufactura de suministros, especialmente de los elementos combustibles que se consumen durante toda la vida del reactor.

[3] Las centrales nucleares son generalmente operadas para responder a la demanda de base a potencia constante mientras que las de otro tipo se operan también para responder a picos en la demanda diaria de energía. A principios de los 80 había una sobreoferta de energía hidráulica lo que impuso un modo de operación a las centrales nucleares no previsto como es el ciclado de potencia diario.

El resultado alcanzado al finalizar la construcción de la CNA-I permitió comprobar que, con el contrato firmado en 1968 con la empresa Siemens, se había alcanzado la meta propuesta para una primera etapa de desarrollo de las actividades del programa nuclear de potencia.

La CNA-I es conocida en el mercado nuclear como del tipo recipiente de presión, con combustible de Uranio natural[4,5] y el medio refrigerante y moderador de agua pesada[6]. El contrato con Siemens establecía entregar una instalación con capacidad para generar una potencia eléctrica bruta de 340 Megawatt eléctricos (MWe). Su diseño estaba respaldado por la experiencia obtenida con todos los reactores PWR[7] ya construidos. Se sumaba a ésta la experiencia acumulada durante el correcto funcionamiento de un prototipo de 58 MWe de similares características al ofertado, el reactor alemán MZFR.

A pesar de ser un diseño que distaba de ser el dominante en el mercado, tanto el personal de la CNEA que debía operar la planta como su proveedor no tenían dudas sobre su respuesta operativa. El esquema conceptual básico que se consideraba congelado sirvió de base, en 1978, para definir las características de la CNA-II.

La CNA-I fue contratada "llave en mano", esto es, su proveedor debía entregar la central en funcionamiento y asegurando ciertos parámetros contractuales como la potencia de salida, el quemado del combustible y la realización de un ciclo de carga, entre otros. A pesar de esto y sin que el contratista renunciara a ésa, que era su responsabilidad, la contratación se efectuó "abriendo el paquete de suministros". Este concepto de contratación fue enérgicamente defendido por CNEA. En los procesos de compra y transferencia de bienes o instalaciones con tecnología incorporada este procedimiento es útil para iniciar la fabricación local de elementos de la cadena de suministros. En la práctica esa idea se traducía en la confección de una lista de bienes y servicios que se eliminaban de la contratación global y se reservaban para la producción doméstica. La negociación del contrato global con este concepto se dificulta porque el proveedor debe asumir las mismas garantías que cuando dichos bienes y servicios son provistos por él. El hecho que dichos elementos debían ser suministrados por empresas locales ponía en pie de igualdad a proveedores domésticos y extranjeros, dando lugar a un

[4] Se dice que una central consume uranio natural cuando su combustible se basa en un compuesto de uranio que posee la misma composición isotópica que el encontrado en la naturaleza. De todos los isótopos naturales del Uranio sólo el U235 fisiona espontáneamente. La gran mayoría de los reactores utilizados para producir energía utilizan un combustible que contiene uranio que ha sido enriquecido en el contenido de ese isótopo.

[5] Actualmente utiliza uranio levemente enriquecido al 0.85% de U235.

[6] En la molécula de aguan pesada los dos átomos de hidrógeno han sido parcial o totalmente reemplazados por átomos de deuterio. El deuterio es un isótopo del hidrógeno cuyo núcleo atómico es un protón y un neutrón.

[7] PWR: Pressurized

proceso que conducía a calificar, bajo estándares internacionales, la producción en el país de insumos y servicios para la generación nucleoeléctrica.

Construida la isla nuclear y durante la etapa de puesta en marcha fue necesario modificar el diseño de los elementos combustibles ya fabricados por Siemens. Durante las pruebas se presentó un problema de vibración y desgaste acelerado de las barras combustibles. Este inconveniente retrasó la entrada en servicio de la Central por un año. Finalmente el reactor tuvo su primera criticidad el 13 de Enero de 1974 y se sincronizó con la red del sistema interconectado el 19 de marzo del mismo año. En junio de 1974 se obtuvo la habilitación comercial, en el acto participó el Presidente Perón, que en 1950 había sentado las bases de la CNEA. Con ese hecho la CNA-I se constituyó en el primer reactor nuclear de potencia de Latinoamérica. Más tarde y como muestra del continuo aprendizaje mejorando la central, se elevó su potencia respecto al valor del contrato original a 357 MWe brutos y posteriormente se aumentó la eficiencia con cambios en los álabes de la turbina que incrementaron su potencia en 5 MWe. Una breve descripción del funcionamiento de la central se expone en el Apéndice I.

La construcción de la CNA-I se finalizó con un grado de participación de la industria nacional de un 38%. Se debe sumar a esto una importante cuota de capacitación y entrenamiento de profesionales y técnicos, particularmente aquellos relacionados con la operación de la planta. Esto comprendía la ingeniería, el mantenimiento, la seguridad, la radioprotección y actividades involucradas en la programación de paradas, la fabricación del combustible etc.

La operación de la CNA-I ratificó los postulados que sustentaron la decisión de realizarla. Con ella se creó una demanda de servicios, suministros y elementos combustibles que se terminó proveyendo domésticamente[8]. A su vez estas demandas alimentaron un polo de desarrollo con un elevado nivel de conocimientos técnicos. La planta de fabricación de elementos combustibles comenzó oficialmente su producción en abril de 1982. Esta producción a escala industrial tuvo como antecedente histórico el desarrollo para la fabricación de combustible para reactores de investigación. Una planta piloto operaba en el Centro Atómico Constituyente y gran parte de ella se convirtió en la planta para

Water Reactor: reactor de agua a presión. Opera con uranio enriquecido y un refrigerante/ moderador de agua liviana.

[8] La CNA-I cambiaba 1.3 elementos combustibles por día de plena potencia. Los primeros años se los importaba de Alemania.

la fabricación a escala industrial[9]. Posteriormente, en 1986, se incorporó la fabricación de componentes de una aleación de circonio denominada Zircaloy. Un desarrollo local permitió fabricar vainas del combustible y sus partes estructurales, como separadores, zapatas, tapones etc. (ver apéndice II de empresas de la CNEA).

La CNA-I resultó ser el único reactor de potencia con recipiente de presión y moderado y refrigerado por agua pesada en funcionamiento en el mundo hasta el 3 de junio de 2014 fecha en que fue puesto a crítico el reactor de la central Atucha II. Esa condición tornó obligatoria la implementación de un activo plan de desarrollos en tecnología nuclear que tuvo lugar en CNEA desde ese momento.

El diseño del reactor requiere que tanto el refrigerante como el moderador deban estar a igual presión (115 at) pero a diferentes temperaturas. La menor temperatura del agua del moderador respecto del refrigerante (de aproximadamente 100 °C) asegura una energía apropiada de los neutrones de fisión con la menor pérdida por absorción o escape[10].

Esta diferencia de temperatura obliga que el agua pesada del moderador y la del refrigerante circulen por circuitos independientes. Si ambos medios se mezclan, el aumento de temperatura del moderador incrementa la pérdida de neutrones en el medio y termina "apagando" el reactor al eliminar las fisiones de uranio en sus elementos combustibles. Esta característica de diseño se ha dado en llamar de "seguridad intrínseca" porque responde a leyes de la naturaleza y no requiere de sistemas específicos para funcionar. Este concepto ha llegado a ser actualmente un elemento de los diseños de las centrales nucleares más modernas[11].

1.2 La central antes de agosto del '88

En el Apéndice I se realiza una descripción del reactor de la CNA-I. Los internos del reactor son todos aquellos componentes mecánicos que se encuentran dentro del tanque del moderador. En la idea original del diseñador, las partes o componentes mecánicas más importantes alojadas allí debían funcionar durante toda la vida del reactor sin ser inspeccionados o reemplazados. Idealmente debían

[9] La fabricación industrial de elementos combustibles está desde 1982 a cargo de la fábrica CONUAR SA cuya instalación promovió CNEA con la participación de capitales privados.

[10] La energía de un neutrón de fisión se encuentra en el rango de 1 a 10 Mev y debe ser reducida (termalizada) a menos de 1 ev por la alta probabilidad de fisión con U235.

[11] Estas centrales poseen reactores nucleares de generación III / III+. Se trata de desarrollos basados en las plantas nucleares diseñadas y construidas en los años '70/80 denominados generación II. Incorporan mejoras tecnológicas en el combustible nuclear, aumento de la eficiencia térmica, incremento de sistemas de seguridad pasivos y diseño estandarizado

operar por toda su vida útil sin falla alguna. La "vida útil" del reactor es una característica que se usa para definir la vida de sus componentes para poder producir en forma ininterrumpida a plena potencia térmica[12] durante un determinado tiempo, que para este reactor era de 32 años.

Debido a ese criterio absoluto no existían directivas de inspección para los mencionados "internos" y componentes hasta que se alcanzara ese tiempo de operación, habían sido colocados allí durante el montaje y no podían ser retirados para su reemplazo, a menos que se desarmara el reactor.

El objetivo perseguido en el programa nuclear desde sus inicios fue, tal como se mencionó, sumar a la producción de energía la acumulación de capacidad en recursos técnicos. Por esta razón en CNEA se fueron desarrollando actividades y formulando planes que permitieron adquirir conocimientos que estaban más allá de los consignados en los planes operativos de la central. Estos planes surgieron tanto en el área de operación de la central como en áreas de investigación y desarrollo. La CNEA mantenía actividades de desarrollo orientadas a asistir a las necesidades operativas de una central nuclear. Por un lado esto tenía el fin de sustituir los proveedores monopólicos originales y por el otro generar sinergias que permitieran el desarrollo de productos de alto valor agregado. Tanto los operadores como los sectores tecnológicos cumplían roles complementarios en esa cadena de aprendizaje. Cuadra aquí mencionar algunos antecedentes de lo que luego fue una acción coordinada en la que participó toda la CNEA.

En 1981 surgió un problema en la operación de la central cuando no se pudo introducir un elemento combustible en el canal refrigerante C18. Esto obligó a analizar las condiciones resultantes de hacer modificaciones operativas. Como consecuencia del análisis de los cambios que se producirían en la física del núcleo se decidió seguir operando con el canal vacío, buscando por separado la raíz de este inédito problema con el fin de volver a operar según el diseño[13].

Otro ejemplo de sinergia se dio cuando de manera independiente, otros grupos de tecnólogos que estaban trabajando en el desarrollo de componentes internos de la Central Nuclear Embalse, de tipo CANDU[14], encontraron de gran utilidad hacer uso de datos que se podían obtener del material irradia-

para reducir costos de mantenimiento y capital.

[12] La componente crítica de los PWR es la vasija del reactor que debe mantener su integridad durante los años estipulados. Para ello existe un seguimiento de su comportamiento con inspecciones en servicio entre otras actividades.

[13] El núcleo de la CNAI tiene originalmente 253 canales. El canal C18 se encuentra en la periferia y su aporte de potencia es poco significativo (ver apéndice).

[14] El CANDU es un reactor de uranio natural y agua pesada desarrollado en Canadá.

do existente en los tubos de los canales de refrigeración. Les interesaba obtener información acerca del comportamiento de los materiales sometidos a las exigentes condiciones de alta radiación y temperatura que existen en el núcleo de la CNA-I.

Las investigaciones realizadas en torno al canal C18 continuaron. En 1986 se realizaron inspecciones del interior de algunos de los canales de refrigeración debido a las mencionadas dificultades al introducir elementos combustibles. Durante la inspección con una cámara de video, el canal C18 mostró que la dificultad derivaba de la presencia de cuerpos extraños insertos en las ranuras de salida del caudal de refrigeración. Por primera vez en esa oportunidad se inspeccionó el interior de algunos canales, entre ellos el canal central denominado K17. La inspección fue toda una aventura: la cámara debía resistir la radiación y tener iluminación adicional. Además todo ese equipo debía ingresar al recipiente de presión por un orificio de unos 120 mm de diámetro y descender a 12 m de profundidad. A pesar de que en toda parada programada el tiempo es escaso, se construyó una columna elemental para ir bajando la cámara. Todo debió realizarse en presencia de intensa radiación y con tritio[15] en el ambiente. Esta idea surgió de un dispositivo que se encontraba en las piletas de combustible gastado, que había sido instalado por el grupo de post-irradiación de CNEA del Centro Atómico Constituyente. En lugar de utilizar fotografías se iniciaba la época en que las inspecciones se grababan en video VHS, hoy una técnica ya obsoleta.

[15] El tritio es un isótopo del hidrógeno cuyo núcleo posee un protón y dos neutrones.

Un esquema de las inspecciones en el reactor y los condicionamientos espaciales, al margen de los ambientales y radiológicos, se puede apreciar en la siguiente figura.

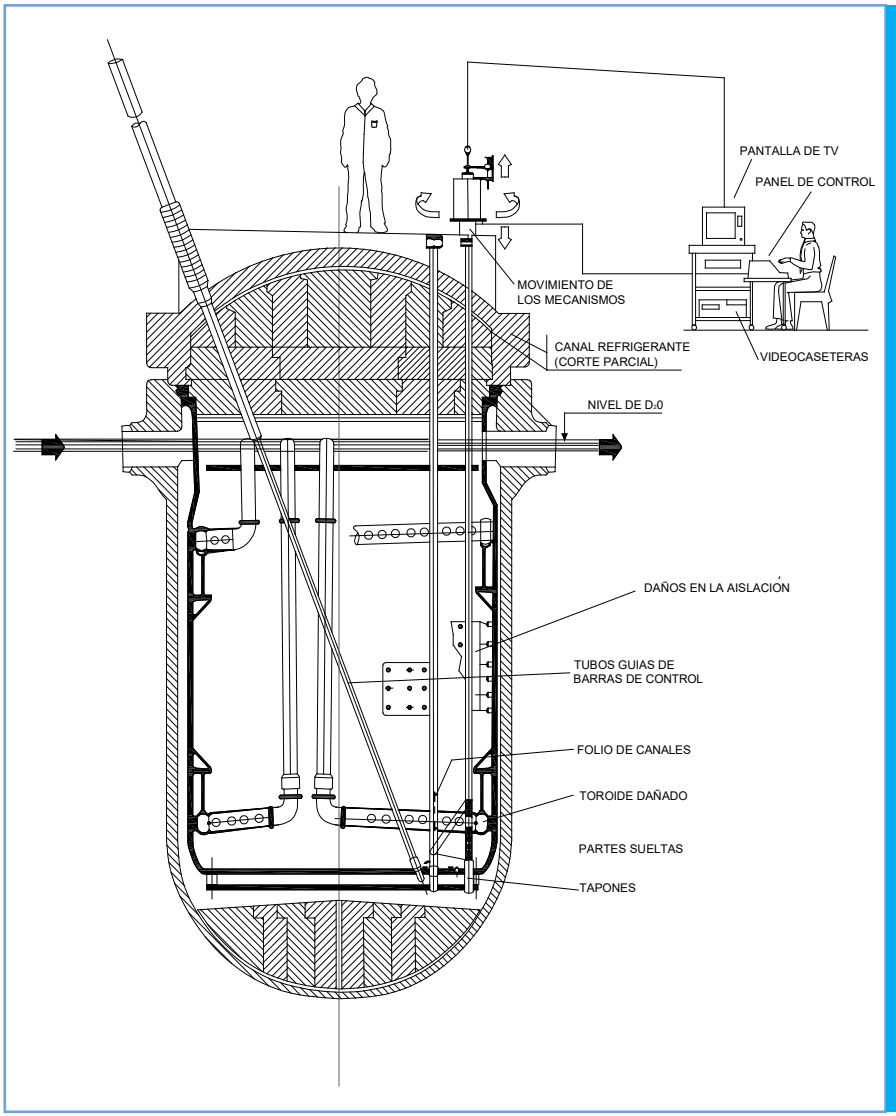


Figura 1: Esquema de Inspección dentro de la vasija del reactor de la CNA-I.

Con esa inspección aparecieron unas manchas que el grupo de trabajo denominó “paramecios” (por su apariencia semejante a los microorganismos) en la superficie interna de los canales. Los “paramecios” dieron lugar a posteriores investigaciones y a una importante serie de conjeturas. Se concluyó que como no existían antecedentes suficientes para explicarlos se recomendó profundizar los estudios por suponerlos una anomalía del comportamiento de la aleación de circonio. Con esto se abría en la Central todo un mundo de capacidades tecnologías más allá del mantenimiento, que derivaron en grupos como el de robótica de la central.

Se puede apreciar en las dos fotos adjuntas el estado del folio externo de uno de los canales de refrigeración donde se observa la forma de “panal de abeja”.

Fotos: Vista de folios de los Canales Refrigerantes.

Otro ejemplo de estudio fue el encarado por un grupo de desarrollo de tecnología en el Centro Atómico Ezeiza. Este equipo tenía como se mencionó anteriormente, un programa para producir componentes de reactores, centrado básicamente en los internos del reactor. Previamente habían adquirido una importante experiencia en la fabricación de las vainas de elementos combustibles con la aleación "Zircaloy 4". Consideraban que estudiar un componente de ese material que había sido irradiado por más de 10 años era una oportunidad única ya que los resultados que se obtuvieran serían de gran valor para fabricar los tubos de calandria de los reactores tipo CANDU. Dentro de las propuestas de desarrollo estaba el reemplazo del Zircaloy 2. El objetivo era estandarizar las aleaciones que se usaban en la planta de Ezeiza que fabricaba vainas de elementos combustibles, que son de una aleación de circonio diferente, que como se dijo, es Zircaloy 4. La racionalización de los materiales dentro de la planta apuntaba a eliminar posibles contaminaciones debidas a la mezcla de materiales Cuando un diseño se encuentra establecido y provee un buen funcionamiento, toda modificación genera una gran oposición tanto en el diseñador como en el operador. Demostrar que el cambio poseía un impacto positivo era fundamental para la aceptación del reemplazo del material y debía hacerse en una escala propia de la producción industrial.

Este programa de desarrollo ya había solicitado en 1986 un plan que involucraba la extracción de ese canal C18 que tenía los problemas mencionados. Para extraer los canales del reactor había que poner en funcionamiento equipamiento que había sido utilizado en la época del montaje de la central, realizar cambios en el sistema de transporte de calor y analizar donde se guardaría el canal utilizado que poseía una alta radiación. El recambio por uno nuevo también requería garantizar una soldadura exitosa del manto de enclavamiento, que es la parte del canal que contiene el tapón de cierre, dado que un pequeño poro podía dar lugar a la aparición de tritio en el recinto del reactor. La realización de todas estas actividades trajo aparejados datos curiosos, como por ejemplo que la orientación de los canales estaba totalmente determinada. Los canales tienen un prisionero que se insertan en la tapa del reactor. Los orificios están realizados en la misma orientación azimutal en el edificio del reactor. Las condiciones ambientales y el material base donde se tenían que realizar las soldaduras eran muy diferentes a las del montaje original.

La extracción de canales para su estudio fue progresando lentamente y a principios de 1988 se tuvieron un par de ellos en las piletas de combustibles gastados. El informe de una inspección preliminar se completó el 17 de julio de 1988, y fue realizado sobre el ya mencionado canal K17 por ser el más exigido del reactor. La conclusión fue que no se observaban anomalías visuales internas (excepto los paramecios) o externas que pudieran comprometer la vida del componente porque los daños eran muy superficiales. Este proyecto culminó sólo poco más de un mes antes del incidente que sacó a la central de la red interconectada.

Capítulo II

2. EL INCIDENTE DE AGOSTO DEL ‘88

La información obtenida en esa campaña sobre el deterioro de los canales no permitía sospechar lo que se encontró un mes más tarde en otra parte del reactor cuando las circunstancias obligaron a realizar una inspección del canal R06.

El incidente de agosto de 1988 se presentó de la misma manera que una tempestad en un día sereno. No hubo forma de adelantarse a la falla, ninguno de los estudios previos como los descriptos arriba permitieron prever los acontecimientos y mitigar sus consecuencias, entre ellas la colosal tarea que debió realizarse para que la planta volviera a funcionar. Con el tiempo se tuvo la convicción que la raíz de la falla estaba en otro lado.

En la operación de la central siempre existe una tensión entre dos culturas. Una se orienta a la prestación del servicio cumpliendo con las metas anuales de generación de energía. La otra está orientada al aprovechamiento del equipo como una herramienta para alimentar las indagaciones científico - tecnológicas. A partir del momento en que se conoció el problema en el reactor, como es fácil de imaginar, ya no hubo más dos pensamientos diferentes: todos se focalizaron en actuar para que la CNA-I vuelva a entregar energía a la red.

2.1 Del 11 al 15 de agosto 1988: cuatro días de incertidumbre

Hacia el final del invierno de 1988 la Central Nuclear Atucha I operaba normalmente contribuyendo al exigido parque de generación eléctrica que enfrentaba una crisis de enormes proporciones. Este problema había sido objeto de un artículo editorial del diario La Nación del 12 de marzo de ese año y el tema resultó recurrente a lo largo de todo el año. Para el mes de agosto ya se habían producido

cortes programados de abastecimiento eléctrico a la población y se habían dispuesto medidas de ahorro como la eliminación de espectáculos públicos nocturnos.

La CNA-I había recuperado su plena operatividad luego de una parada de mantenimiento preventivo, que había finalizado en diciembre de 1987. Esa parada debió ser extendida por un incidente en el que se derramó agua pesada desde un canal en el interior del reactor. Había quedado mal ajustado el cierre de un canal de refrigeración y al iniciar las maniobras de arranque de la central, todavía en baja presión, se desprendió el tapón. En esa oportunidad y como resultado de aquel error humano debieron ser rehabilitadas a "calidad reactor" 60 toneladas de agua pesada recuperadas de los sumideros del edificio del reactor.

Haciendo uso del tiempo para restaurar la calidad del agua pesada, se aprovechó para realizar una serie de tareas de revisión de equipos, ensayos e inspección. Se contabilizó esta tarea como adelanto de las actividades programadas para la siguiente parada programada.

Desde el inicio de la operación en 1974 hasta la segunda semana de Agosto de 1988 la CNA-I había producido energía, con un factor de carga promedio cercano al 79%. Esto la colocaba en una destacada posición en el ranking internacional de centrales nucleares. Para el 11 de agosto la CNA-I cumplía cuatro meses de funcionamiento ininterrumpido y operaba al 100% de su potencia. Ese día se difundía un comunicado interno de la presidencia de CNEA a cargo de la Dra. Emma Pérez Ferreira a todo el personal de la CNEA donde se informaba acerca de la probable interrupción del financiamiento a las obras de la Central Nuclear Atucha II (CNA-II).

El "Plan Primavera" que había lanzado el Gobierno Nacional para la contención del gasto público afectaba directamente esas obras. En el comunicado se abría de todos modos una puerta a la esperanza anunciando trabajos conjuntos con el Ministerio de Economía para aprovechar un posible financiamiento ofrecido por la República Federal Alemana. Mientras eso sucedía, a las 10:18 de la mañana, el jefe de turno de la CNA-I observó con preocupación que la central disminuía su potencia. El evento se informó al Jefe de Operaciones de la Central y, a través de él, a la gerencia de la CNA-I a cargo de Juan Carlos Duarte. Nadie encontraba una razón lógica para ese comportamiento anómalo.

En los minutos que siguieron los sistemas automáticos de la central entraron en funcionamiento tratando de compensar la disminución de potencia térmica. Para compensar esta disminución el sistema subía las barras de control, que absorben neutrones. Sin embargo la salida de las barras no compensaba la pérdida de neutrones y de acuerdo a las instrucciones operativas, para no perder el control del reactor, se provocó la caída total de las barras de seguridad. Como consecuencia se produjo el cierre rápido de la turbina y se desconectó la central del sistema interconectado nacional. Eran las 10:21 de la mañana del jueves 11 de agosto. Aproximadamente a esa misma hora se inauguraba una importante contribución de la CNEA para el centro de medicina nuclear en el Hospital de Clínicas.

Dentro de este panorama inesperado había razones para mantener la serenidad: la instalación había respondido de acuerdo al diseño cumpliendo con los principios de seguridad: el reactor había quedado en estado sub-crítico, refrigerando el núcleo y manteniendo las barreras de seguridad inalteradas.

La instalación quedó en una condición denominada técnicamente de "parada caliente" isotérmica a 220ºC, y a 115 atmósferas de presión. Una parada de la Central es de por si una situación excepcional. Cuando se produce, todo el personal cumple con las exigencias que impone la coyuntura. Con urgencia se encararon las primeras investigaciones para establecer la causa del evento. A raíz de las conjeturas que se hicieron se verificó si no había caído una barra absorbente de neutrones que el sistema de señalización no hubiera indicado. Se efectuaron también análisis químicos para averiguar si no se había inyectado algún "veneno neutrónico" líquido[16] como por ejemplo boro. Todos los análisis arrojaron resultados negativos.

[16] Los "venenos neutrónicos" son sustancias que absorben neutrones.

Un repaso del estado de situación indicó que no se habían detectado daños en la instalación, los sistemas de seguridad se encontraban inalterados, se comprobó que no se había mezclado agua liviana del circuito secundario en el circuito del moderador. Se efectuaron ensayos del funcionamiento de las barras de control verificando la calibración de la reactividad. Todo resultaba normal.

Las dos culturas que se mencionaron arriba poseen dos conductas bien diferenciadas. Mientras que los miembros de un grupo se preocupan primordialmente por el buen estado y el correcto funcionamiento de todas las maquinarias y sistemas de control, los del segundo se imponen el mandato de

ofrecer un servicio confiable y sostenido. Cuando se produce una alarma como la que enfrentaba en esos momentos la CNA-I a pesar de que ambos grupos están animados de la misma preocupación, trabajan en temas diferentes: unos tratan de indagar en las causas del inconveniente mientras que el otro busca la manera más pronta y expedita para resolverlo y seguir brindando el servicio.

El tiempo pasaba y las carencias de energía eléctrica en el sistema interconectado nacional reclamaban a voces que la central se conectase nuevamente al sistema. Se reunió un comité *ad-hoc* con personal de la planta y externo a ella para evaluar la situación. Teniendo en cuenta que todos los sistemas parecían funcionar correctamente se decidió iniciar una marcha a baja potencia para evaluar otros parámetros de funcionamiento.

Ese proceso comenzó en la madrugada del sábado 13 de agosto a las 7:50 limitando el período de arranque a la mitad de lo que era habitual. La criticidad fue alcanzada normalmente siguiendo el procedimiento de rutina. Luego se conectó la central a la red manteniéndola al 30% de potencia. Finalmente se elevó la potencia al 70% y se implementó un programa de validación de parámetros operativos, del flujo de neutrones, de aspectos termohidráulicos y de parámetros físico-químicos del refrigerante y del moderador.

Se pudo observar una disminución del caudal de refrigeración del circuito número 1 del moderador, cercana al 15%. También se pudo observar un aumento de la temperatura del moderador respecto a la temperatura nominal que no se podía compensar.

Las mediciones del flujo de neutrones, efectuados sobre una de las cámaras de ionización, aportaron otro indicio. Los registros de la cámara enfrentada al canal de refrigeración R06 mostraban oscilaciones inapropiadas. Antes de sacar conclusiones apresuradas se controló el circuito de medición para descartar cualquier origen espurio de las mismas. Ese fin de semana viajó hasta la central un especialista en cámaras de ionización del Departamento de Instrumentación y control del Centro Atómico Ezeiza. Para mayor preocupación general, las oscilaciones resultaron ser reales.

Recién en la mañana del domingo 14 apareció otro dato consistente con lo que se había encontrado hasta ese momento: se detectó un aumento de actividad en el sistema primario. Ese aumento revelaba una pérdida del material de algún elemento combustible que contamina el agua pesada con los productos de fisión.

Los productos de fisión contenidos en fragmentos del elemento combustible no habían sido detectados a través de los análisis químicos que se habían realizado. Eso había generado alguna preocupación. Sin embargo, esta duda se aclaró posteriormente con el conocimiento de lo sucedido. Lo que había ocurrido era que los fragmentos contaminantes eran enviados al moderador y éste actuaba como un "tanque de decaimiento". Esto provocaba que la contaminación en el circuito de refrigeración apareciera más tardíamente, y dificultara la detección temprana de la falla. Por otra parte durante la operación regular del reactor no se realizaban muestreos químicos en el moderador simplemente porque en el diseño original no se preveía la posibilidad de una tal contaminación. Esto indicó que se estaba ante un desperfecto no banal y que sus raíces debían remontarse a otras causas.

Esos indicios, el día 14 de agosto, indujeron a extraer el elemento combustible de ese canal para ver si de esa manera se alteraba el registro de la cámara de ionización. En ausencia de ese elemento combustible las oscilaciones se amortiguaban notoriamente. Se había dado con el lugar donde se originaban las anormalidades. Hubo otro dato: el sistema de medición de la actividad de productos de fisión que poseía la máquina de recambio de elementos combustibles indicó una falla en el combustible. Este sistema no estaba incluido en el diseño original y fue una de las mejoras que ya habían introducido los técnicos de CNEA[17].

La presunción de la rotura del elemento combustible extraído del canal R06 impulsó el pedido de una inmediata inspección visual del mismo. También se solicitó una revisión de los combustibles que hubieran finalizado su ciclo de "quemado". La idea de esas observaciones era averiguar el estado de ese canal mediante un examen indirecto. Esta operación debía realizarse con los elementos ubicados en las piletas de almacenamiento del combustible gastado.

[17] El sistema de detección de la máquina de carga denominado "sipping" fue instalado por personal de la central y el grupo de post-irradiación del CAC. Con un combustible en la máquina de carga se hace recircular agua en un circuito cerrado y se realizan mediciones de actividad, detectando desde pequeñas fallas (pin hole) hasta una rotura significativa por un incremento significativo de las cuentas. Este parámetro se puede visualizar en un gráfico en sala de control.

Inspeccionar los elementos combustibles usados es una tarea compleja. Una vez que un elemento combustible cumplió con su ciclo de quemado, es extraído del reactor y se lo lleva a una pileta donde se permite que decaigan los elementos radiactivos de vida media más breve. La inspección sólo puede realizarse con el elemento inmerso en agua y utilizando un periscopio sumergido a varios metros de profundidad.

En ese tiempo el ánimo general de la sociedad argentina mostraba un enojo perceptible. Un indicador de ello se tuvo ese domingo 14, en la inauguración de la Exposición Rural. En ese acto el público abucheó al Presidente Alfonsín y a miembros de su gabinete cuando éste respondió a un airado discurso del presidente de la Sociedad Rural en el que ponía de manifiesto el descontento del sector con la situación imperante. Era uno de los efectos de una economía cada vez más exigida por un endeudamiento desbocado.

El resultado de las inspecciones solicitadas fue sorprendente y definitorio. El elemento combustible extraído antes del incidente, el día 8, presentaba un daño significativo a unos 80 centímetros de su extremo inferior; pero la avería del que había sido extraído el día 14 era mucho más importante: faltaba toda su parte inferior a partir de esa distancia. Con esta información al equipo que estaba trabajando en el análisis no le quedó duda que el canal debía encontrarse también seriamente dañado. Este era el primer dato que presagiaba que el desperfecto no se debía a alguna falla operativa menor y que la reparación podría resultar la más compleja y laboriosa de las que se habían encarado en la central.

En vista de los daños detectados, el lunes 15 de agosto, a las 3:56 de la madrugada se resolvió retirar a la CNA-I del sistema interconectado nacional y llevarla a “parada fría” dando así comienzo a un minucioso programa de inspecciones para justipreciar los daños en el interior del tanque del moderador. La reparación comenzaba a lucir como una intervención quirúrgica de máxima complejidad

La “parada fría” es una detención de la central que lleva su temperatura a aproximadamente 50°C y a presión atmosférica. En ese momento no se esperaba que se pudiera poner nuevamente en marcha la central hasta dentro de, al menos, algunas semanas. Ese es el dato que recibe y difunde la prensa cuando se informa del percance.

En los diarios de ese mismo día el público tendría oportunidad de leer, algunas horas más tarde, toda una andanada de malas noticias sobre la crisis energética. Se vaticinaba que se prolongaría por todo el año 1989. Irónicamente, se destacaba al mismo tiempo el aporte nuclear para paliar esa mala situación. Por otra parte se hacía notar que nada se podía esperar de la las obras de la central térmica convencional Luis Piedrabuena ubicada en Bahía Blanca.

En esos momentos la CNEA y sus actividades estaban bajo severo escrutinio por parte de la sociedad. Desde numerosos sectores se comenzaban a levantar críticas al accionar de la CNEA que algunos suponían que encarnaba una continuación de políticas de la dictadura militar.

La prensa se ocupaba de las acciones del gobierno de los EEUU a favor de la no proliferación nuclear. El 10 de Agosto había llegado a la Argentina el Dr. Lewis Dunn director adjunto de una ONG con sede en los EEUU que actuaba como contratista del gobierno federal de ese país para el estudio del problema de control de armamentos y de la no proliferación nuclear.

Sumado a estos hechos, el 16 de agosto se dieron a conocer versiones difundidas por la BBC y el periódico británico The Guardian, de Londres en las que se afirmaba que el desarrollo de una política nuclear independiente de la Argentina causaba problemas diplomáticos a Alemania. Apoyaban esa afirmación con el dato falso que Argentina había obtenido clandestinamente una respetable cantidad de plutonio.

Quizá como una expresión de esa incipiente antipatía hacia la CNEA se hicieron públicas también diversas denuncias. La más notable, imprudente e infundada fue que la Argentina estaba en las últimas fases del desarrollo y construcción de un submarino nuclear. Dichas declaraciones despertaron inmediatamente un enorme interés periodístico que se manifestó en los diarios del 15 de agosto.

2.2 Los primeros contactos con el diseñador

El martes 16 de agosto amaneció despejado pero bastante frío. En Lima, donde está ubicada la CNA I la temperatura mínima debe haber sido bastante menor que el de la Ciudad de Buenos Aires y sólo comparable al humor de Juan Carlos Duarte, que siendo el responsable principal de la CNA-I apenas

había dormido en los últimos días por estar pendiente de todos los detalles de las inspecciones y análisis realizados.

Ese día la presidencia de la CNEA, fastidiada por las denuncias carentes de fundamento y de sentido que invadían los diarios, emitió una circular dirigida a todo el personal desmintiendo la denuncia de la construcción de un submarino nuclear y la intención de utilizar el Laboratorio de Procesos Radiactivos (LPR) del Centro Atómico Ezeiza para acumular plutonio para construir una bomba atómica. Terminó el comunicado lamentando que se hubiera instalado en la opinión pública lo que consideró una verdadera campaña para endilgar a la CNEA oscuras intenciones de realizar desarrollos bélicos. Esos infundios ignoraban las acciones internacionales impulsadas por el gobierno nacional y la CNEA conjuntamente con Brasil para dar absoluta transparencia a todas las actividades nucleares en la región[18]. Las reales preocupaciones de las autoridades de la institución estaban muy lejos de submarinos o armamentos: lo que quitaba el sueño a toda la plana mayor de la CNEA era la interrupción del financiamiento de la CNA-II en plena construcción y el incidente en los internos del reactor de la CNA-I.

El 16 de agosto, el diario "El Heraldo de Buenos Aires" publicó en un titular en tipografía de tamaño catástrofe informando que se había producido un derrame de agua pesada en la CNA-I. Confundió así desaprensivamente el percance en curso con el ocurrido el año anterior. Aprovechó para denunciar malas condiciones de operación y de seguridad. Ponía el percance de la CNA-I en el mismo nivel de gravedad que el accidente de Chernobyl, en Ucrania, que había sucedido el 26 de Abril de 1986.

Al día siguiente, el miércoles 17, los diarios comenzaron a hacerse eco de la parada de la CNA-I informada por la presidencia de la CNEA en una conferencia de prensa. Se manifestó frente a los medios de comunicación que se trataba de un problema en los canales de refrigeración y que nada tenía que ver con el derrame del año anterior. Al mismo tiempo todos auguraban malos momentos para el suministro eléctrico por la salida de servicio de la CNA-I a la que se le sumaba un período de sequía que disminuyó considerablemente la participación de las centrales hidroeléctricas.

[18] Dentro de estas acciones se concretó la Agencia Brasilera Argentina de Control de material sensitivo (ABACC) organismo inédito entre dos países que fortalece la condición de que América Latina no tenga armamentos de destrucción masiva.

Desde el comienzo de las operaciones de la Central la CNEA mantuvo la práctica de sostener una ágil comunicación con el diseñador sobre el estado de situación de la planta. Eso siempre facilitó un rápido entendimiento cada vez que se lo deseaba consultar o se le requería algún servicio[19]. Cuando la central presentó esta falla una casualidad hizo posible tener a uno de los ingenieros de Siemens en la planta a la mañana siguiente de la parada. El mismo había participado en la construcción y puesta en marcha de la Central y se encontraba de vacaciones en Zárate con su familia. Pudo entonces interiorizarse de todo lo sucedido hasta la fecha y se constituyó inmediatamente en un vehículo natural para que la empresa alemana recibiera información técnica de primera mano.

El 16, al día siguiente de la parada de la CNA-I, se solicitó por vía telegráfica y en forma urgente, la delegación de un especialista en internos del reactor. El 18 se envió a KWU una nota formal de solicitud de servicios, a ser efectiva a partir del 17. Era para: "asistir en la preparación o ejecución de trabajos referentes a los canales refrigerantes". A esa altura los operadores ya estaban convencidos que el problema residía en los canales de refrigeración. Para reforzar los equipos de inspección de planta se pidió desde KWU Argentina que trajera consigo una cámara de visión subacuática, resistente a la radiación para poder observar directamente qué daño tenían los canales de refrigeración.

Con estos intercambios se iniciaba lo que sería una copiosa interacción entre la CNEA y Siemens que se prolongaría por los subsiguientes meses. Hoy es posible conjeturar cuál pudo haber sido la inquietud de la plana mayor de esa empresa ante la intempestiva salida de servicio de la CNA-I. La primera preocupación, podía haber sido ligar el nombre de la empresa alemana a las desgraciadas eventualidades de un incidente nuclear, que podía impactar en otras áreas de negocios. Esos temores seguramente quedaron inmediatamente disipados por el ejemplar comportamiento de la planta, cuyo percance no produjo el menor impacto radiológico o convencional.

La siguiente preocupación – que de hecho fue la que se prolongó por los meses subsiguientes – fue la propia de cualquier empresa sobre la reparación de un equipo que diseñó y construyó. Se puede suponer que, al mismo tiempo, existía la consigna de dejar a salvo la tecnología utilizada en la central, y abortar de esa manera cualquier intención argentina de reclamar futuras compensaciones económicas por vicios ocultos o fallas de diseño.

[19] Existía un contrato marco vigente con KWU de suministros y servicios; hoy transferido a AREVA.

Con gran prontitud, el 17 de agosto, cuando los diarios argentinos comenzaban a informar sobre los sucesos, la alta conducción de Siemens hizo saber a la presidencia de CNEA que conocía el problema surgido en la CNA-I a través de su representante en Buenos Aires y reiteraba su ofrecimiento de ayuda haciendo referencia a la reunión que habían mantenido en el pasado mes de julio sobre la cooperación en el campo de los servicios a la CNA-I.

Puso de manifiesto su preocupación por la reacción de la opinión pública haciendo referencia a la información publicada por un diario alemán. Allí se malinterpretaba el problema de la misma manera que lo había hecho "El Heraldo de Buenos Aires" mencionando – erróneamente – que ese incidente no había sido hecho público hasta ese momento. Expresó su inquietud por tal confusión y su preocupación por corregirlo en Alemania. Manifestó su deseo de armonizar la futura información sobre el tema para evitar malos entendidos y publicaciones incorrectas.

En la misma fecha, otra comunicación de Siemens fue enviada a la Gerencia de la CNA-I. Confirmaba el envío del equipamiento y del personal solicitado, y requería que se le provea una información detallada de lo ocurrido y de las medidas que se planeaban tomar para efectuar su propio análisis. Procuraba de esa manera preparar su propia investigación y estudiar las medidas que considerara necesarias.

Desde el comienzo Siemens deseaba dejar en claro el pago de las cuentas resultantes por los trabajos que se iniciaran de esta manera. Con anterioridad al comienzo de los trabajos, el 23 de agosto, Siemens detalló las condiciones comerciales y de logística que serían de aplicación. Como es obvio el personal de la CNA-I estaba más preocupado por poner en marcha de nuevo la planta y confiaba encontrar una actitud similar de parte de Siemens.

Ese mismo día 23 desde la Gerencia Procesos Químicos del Centro Atómico Ezeiza, se envió un memorando interno ofreciendo su gestión para obtener con urgencia una cámara de televisión subacuática. Con la cámara sumergible se trataba de ver lo más ampliamente posible los daños en la zona cercana al canal de refrigeración. Esa Gerencia había estado participando desde hacía algún tiempo al orientar sus actividades de desarrollo a la fabricación de partes y repuestos para la CNA-I y por esta

razón mantenía una estrecha colaboración con la central. Ese memorando logro que se obtuviera una cámara fabricada por Westinghouse que estuvo así disponible a los pocos días.

Ese mismo día con al canal R06 sin extraer, y usando el equipo existente en la Central se consiguió inspeccionar el interior del canal y se pudieron observar los daños del mismo. Se buscaban indicios de un posible elemento en contacto con la parte externa del canal que pudiera haber provocado el daño del tubo y a su posterior desgaste y rotura. Visto con los ojos de hoy, el procedimiento que se había preparado para la inspección del canal pone en evidencia el nivel de incertidumbre que reinaba en esos momentos.

En los diarios de los días 18 a 20 de agosto se podían leer comentarios de la ya finalizada exposición Rural, junto con noticias alarmistas acerca de una posible salida de servicio de la Central Nuclear de Embalse. Se sumaban además anuncios sobre inciertos impactos ambientales de esta central en el lago del embalse y el pedido de nuevas aclaraciones sobre el desarrollo de un submarino nuclear.

La tarea de desmentir este aluvión de falsas noticias interfería con preocupaciones mucho más reales de las autoridades de la CNEA como era la marcha de la CNA-II y las investigaciones sobre la naturaleza del daño de la CNA-I. La preocupación de la presidencia de la CNEA por la cantidad de denuncias equivocadas había dado por resultado un régimen de reuniones semanales informales en un pequeño comedor reservado que poseía la CNEA en el último piso de su edificio de Libertador 8250. Esas reuniones estuvieron abiertas a todos los periodistas que desearan venir y estaban destinadas a aclarar las dudas que pudieran tener. Para ello se invitaba también, ocasionalmente, a los responsables técnicos de distintos sectores de la CNEA.

Los análisis y discusiones de ese momento, sobre el origen del daño, revelaban que persistía la duda de si el problema había sido producido desde afuera del canal o desde su interior. Esta no era una discusión caprichosa ni un punto banal: si el daño se había producido desde el interior del canal la causa del daño sólo podía atribuirse al elemento combustible fabricado en la Argentina que estaba alojado allí. La fabricación de ese elemento había sido realizada por la empresa CONUAR S.A. en la que la CNEA tiene una significativa participación accionaria. Si en cambio el daño provenía del exterior, la

responsabilidad recaía sobre el diseño o el montaje de los internos del reactor que podía afectar al constructor de la central o sea, a Siemens.

La evidencia recogida del elemento combustible retirado inducía a suponer que el daño sólo podía provenir del exterior del canal: mostraba una concavidad producida por la erosión provocada por algún elemento externo. A pesar de este dato, las observaciones de técnicos de Siemens dispararon en la casa matriz de KWU, en Erlangen, el pedido de una exhaustiva revisión de todas las modificaciones introducidas por la CNEA en el diseño del combustible buscando en ellas la posible causa de la falla del canal.

El día 21 había llegado el equipamiento de inspección adicional que se recibió de Siemens, que junto con la llegada del especialista de esa empresa hizo posible que el día 24 comenzara la tarea de relevar el estado del interior del tanque del moderador. El día 30 se alcanzó a entregar a Siemens una grabación del video de las inspecciones realizadas entre los días 24 y 29 de ese mes en el interior del reactor.

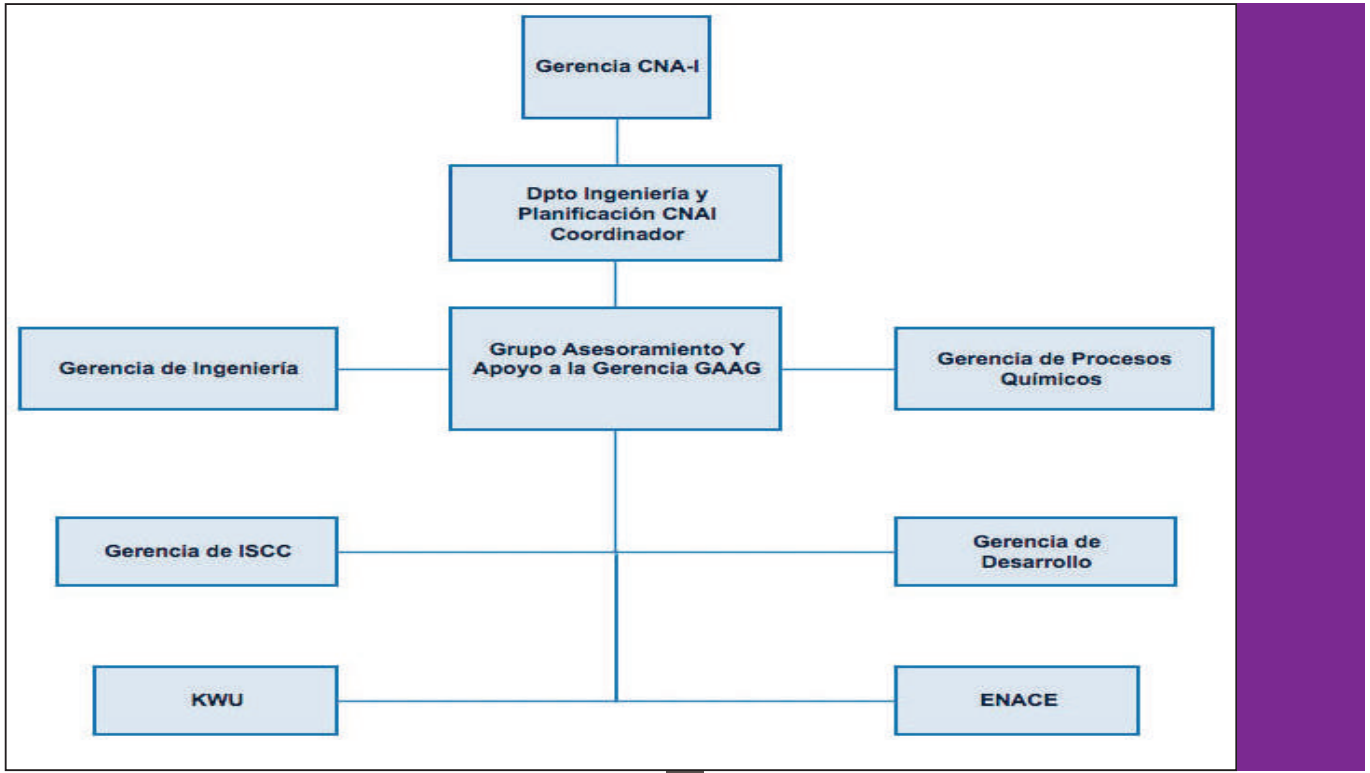
2.3 Las primeras negociaciones para reparar la CNA-I.

Es conocido que un riesgo común consolida los vínculos en el seno de una comunidad. Al cabo de los primeros 8 días de trabajos e inspecciones todos estaban convencidos que éste era el problema más serio encontrado en la operación de la Central hasta el momento. Además que la solución – que seguramente implicaría "cirugía mayor" – sólo se podría alcanzar aprovechando todo lo que se pudiera recoger del conocimiento local acumulado en el área nuclear. En ese momento a nadie se le ocurrió pensar sobre la importancia de haberse venido preparando para afrontar un problema de esta envergadura.

En lo que concernía a las actividades de apoyo a su operación la CNA I contaba con la participación de muy diversos grupos técnicos. El suministro local de algunos repuestos para el reactor había comenzado varios años antes y con ello habían proliferado estudios técnicos de todo tipo. En el momento en que se produjo el incidente ya estaba en progreso el estudio del material de los canales de refrigera-

ción. Se trataba de analizar los efectos acumulados de la radiación sobre los canales de refrigeración a lo largo de más de diez años de operar la central a plena potencia. Más adelante este estudio probó ser crucial. A lo largo de todo el proceso de reparación que se estaba iniciando, se trabajó con el grupo de ingeniería de reactores, con los especialistas en materiales, en instrumentación nuclear, en química de reactores, en combustibles y con los encargados de las facilidades de ensayo de componentes. Éstos últimos tenían la responsabilidad de operar un simulador de componentes en escala natural denominado "loop de alta presión"[20]. Todos fueron convocados para explorar las alternativas que era necesario analizar. Se comenzaba a trabajar en conjunto con todos los recursos disponibles.

Esta amplia convocatoria había tenido lugar de manera espontánea desde el mismo momento de la parada intempestiva de la CNA-I. Con el avance de los estudios se constituyó un grupo de apoyo para canalizar orgánicamente todas las iniciativas individuales. El marco institucional lo dio el Grupo de Asesoramiento y Apoyo a la Gerencia (GAAG) que fue creado formalmente por la gerencia de la planta.



[20] Su cuerpo principal es un canal refrigerante instrumentado y por el cual circula agua a la misma presión y temperatura media del núcleo de un reactor de la CNA-1. Sirve para observar entre otras cosas el comportamiento y la durabilidad de diferentes elementos combustibles ante diferentes condiciones de flujo de agua en el canal. La instalación estaba en un edificio en el Centro Atómico Ezeiza.

En aquellos momentos la CNEA tenía organizada (Apéndice VI) sus actividades en varias Direcciones, cada una de las cuales se desagregaba en Gerencias. El programa nuclear de potencia estaba a cargo de la Dirección de Centrales Nucleares que dirigía el Ing. Bernardo Murmis. Las operaciones de las Centrales Nucleares de Embalse y Atucha estaban a cargo, respectivamente, de dos gerencias. Buena parte de los grupos que comenzaban a colaborar con el esclarecimiento del percance de la CNA-I desarrollaban sus actividades en gerencias de la Dirección de Investigación y Desarrollo.

El GAAG celebró su primera reunión el 20 de agosto cuando recién habían transcurrido 5 días desde la detención de la CNA-I. Estaba integrado como se indica en la figura por personal de las Gerencias de Ingeniería, de Procesos Químicos, del Departamento de Química de Reactores y por representantes de ENACE y KWU. Su integración indicaba a las claras la participación de todas las áreas necesarias para colaborar en toda la reparación del daño y para poner nuevamente en funcionamiento a la central. En su primera reunión el grupo definió la organización interna para la inspección de los canales.

En la prensa local de esa fecha todavía resonaban los ecos de la conferencia de prensa ofrecida por Emma Pérez Ferreira el viernes anterior como presidente de la CNEA. En ella había aclarado una vez más que los problemas que aquejaban a la CNA-I no afectaban a su seguridad y su confiabilidad y reafirmaba una vez más su personal condena ética a cualquier propósito bélico en el Plan Nuclear. También se comentaban los artículos aparecidos en Newsweek y The Guardian en que se afirma que el desarrollo de una política nuclear independiente de la Argentina causaba problemas diplomáticos a Alemania. Coincidentemente, en esos momentos, Argentina se asomaba al comercio internacional de tecnología nuclear con la inauguración del reactor de investigación que había provisto al Perú.

En la segunda reunión del GAAG, cuatro días más tarde se informó de las últimas novedades, se presentaron las fotografías de los elementos combustibles dañados, y se repasó el listado de aquellos que se alojaban en canales ubicados en la región que en ese momento se sospechaba que estaba el daño. De acuerdo con lo que se sabía hasta ese momento, sólo se podía afirmar que ésa era una zona difusa en las vecindades del canal R06.

Las imágenes obtenidas sirvieron para analizar el perfil que presentaba el elemento combustible dañado. La conclusión unánime de esa reunión de GAAG, fue que la concavidad de la zona dañada indicaba que la falla debía provenir del canal de refrigeración o de su exterior. Los elementos combustibles quedaban liberados de ser la causa raíz.

En la minuta de esa reunión del GAAG, se registra que el grupo analizó las observaciones del operador del sistema de recambio de combustibles y estudió los resultados de los análisis químicos. En esta reunión también se avanzó definiendo responsabilidades y estableciendo los nombres de los representantes de cada sector que debieran intervenir o ejecutar las tareas a realizar en el futuro.

Además de las tareas de limpieza se hacía imprescindible buscar información más precisa sobre la extensión y naturaleza del daño. Todavía la causa primaria del mismo estaba en el reino de las conjeturas. A fines de Agosto los exámenes de inspección de los internos del reactor habían llegado al límite de las posibilidades. La principal limitación era que la cámara disponible carecía de suficiente movilidad. Se avanzó extrayendo el canal R06 y adyacentes al mismo, para poder llegar con la cámara y los sistemas de iluminación que ampliarían el campo de visión de la zona[21].

Con la información obtenida, se elaboró una presentación para la presidencia de la CNEA. En ella se expuso el resultado de las inspecciones con mayor nivel de detalle describiendo como se encontraban los alrededores del canal R06 y unas chapas que cubren la totalidad del interior del tanque del moderador para su aislamiento térmico, éstas se encontraban desprendidas por la acción de un chorro de agua proveniente del agujero que quedó abierto en el fondo del tanque al haberse desprendido la parte inferior del canal R06. En esa misma presentación surgió, sin que se advirtiera, lo que luego se estableció como la causa primaria de todo el incidente. Se explicó que, en algunos casos, para extraer los canales se debió ejercer una fuerza de varias toneladas. El Ing. Juan de Paz en su relato explicó que no peligraba la integridad de los mismos ya que el Ing. Langer de Siemens/KWU había explicado que los canales admitían un esfuerzo axial máximo de 10 toneladas. Este fue, sin embargo, el primer indicador de que los canales no podían desplazarse libremente en su alojamiento como en realidad debía ser de acuerdo con el diseño original.

[21] Para extraer los canales refrigerantes primero había que sacar los elementos combustibles. Esta tarea se fue extendiendo durante toda la etapa de inspección y reparación. Hubo más de 70 canales vacíos distribuidos en todo el núcleo.

Mientras estos hechos tenían ocupado al personal de la Gerencia de la CNA-I, la conflictividad social en el país se mantenía en un nivel elevado. El 24 de agosto la CGT anunció un nuevo paro general de 24 horas para el 9 de Septiembre, era el undécimo acto de protesta de esa naturaleza que tendría lugar en el país durante el gobierno de la nueva democracia.

2.4 La primera orden de trabajo

A medida que progresaban las discusiones sobre las posibles causas de la rotura del canal R06, se hacía más necesario conocer detalladamente las memorias de cálculo de este canal y del toroide inferior del moderador que presentaba un desgaste por frotamiento. La integridad del toroide inferior es importante porque forma parte del sistema de refrigeración del núcleo. Este requerimiento se concretó en un pedido formal a la filial argentina de KWU vía un telex del 2 de septiembre. Si bien se fue recibiendo información aislada sobre esos temas, no se llegó a contar con una respuesta plenamente convincente. A esta altura, se observaba que Siemens no había producido un manual de diseño de cada una de las componentes, de acuerdo con las reglas propias de los procedimientos de aseguramiento de calidad. Solo había una especificación del canal con sus características sin un manual que respaldara los cálculos y estimaciones de su comportamiento.

La primera reunión de trabajo, entre personal de Siemens KWU y de la Central, fue anunciada por Siemens a la Presidencia de CNEA el 6 de septiembre y confirmada en detalle el 9 del mismo mes. En la última comunicación se adelantaba que la delegación llegaría el día 14. Estaría formada por 3 especialistas en internos del núcleo de reactor, en materiales, en ensayos y en el sistema primario. Completaban el equipo de trabajo otras cinco personas del grupo de servicios.

Las reuniones técnicas duraron cuatro días, desde el 15 al 19 de Septiembre. Durante esas reuniones, el personal de Siemens recibió toda la información con que se contaba en la central. Todo lo que se discutió se documentó en una amplia minuta. Lo mismo sucedió con otras reuniones que se realizaron en paralelo entre especialistas de temas específicos. Esta visita de la delegación de Siemens-KWU fue realizada a cuenta de gastos de su compañía, sin que se mencionara lo que posteriormente resultó

uno de los desacuerdos más importantes en las discusiones con la misma, la valorización del pago de los servicios.

Según se había concluido luego de las discusiones y constaba en las correspondientes minutas, se estimó que todas las acciones allí planteadas podrían cumplirse, a más tardar, ocupando todo el tiempo hasta la semana 44 de ese año la que comenzaba el 31 de Octubre.

Las minutas de la reunión resumían una serie de acciones, a ser realizadas para ampliar la información existente y definir con todo detalle cómo se encontraba el interior del tanque del moderador[22]. Estas acciones contemplaban tareas preparatorias para el suministro de canales de repuesto, la reparación de la zona dañada del toro inferior del moderador, de los orificios en el fondo del tanque y cómo manejar los daños del aislamiento del tanque del moderador. Estas tareas permitirían, 3 semanas más tarde, una reunión, entre CNEA-ENACE y KWU, programada para decidir las acciones necesarias a ejecutar en la reparación.

[22] Ver apéndice con el esquema del reactor y su explicación.

El balance de este encuentro entre expertos de la CNEA y de Siemens culminó con un primer acto formal de pedido de asistencia. El 20 de septiembre la presidencia de la CNEA entregó una nota sobre ese punto. En ella se establecía que de las reuniones mantenidas surgía la conveniencia de continuar conjuntamente el desarrollo de las acciones de acuerdo a las minutas preparadas a tal efecto.

Tan pronto como CNEA comenzó a analizar cómo deberían haberse comportado los componentes internos del reactor se encontró con la imposibilidad de definir los parámetros de diseño por no contarse con los documentos usados originalmente. Se los solicitó como elemento básico de análisis para verificar su comportamiento. Teniendo en cuenta el prolongado uso de la planta el comportamiento estructural del material frente a la irradiación neutrónica pasaba a tener tanta importancia como los efectos de la corrosión observada en el canal extraído para su estudio, el K17. Si bien estos datos respondían a una inquietud básica de los especialistas luego terminarían por resultar determinantes para establecer la vida útil de los mismos. Siemens entregó datos del canal de refrigeración de la CNAII que respondían a los de su recepción y no los contenidos en el que debía ser el manual de diseño. Esto no pasó inadvertido por CNEA que siguió reclamando los mismos hasta obtenerlos,

lo que sucedió muy posteriormente, luego que los prepararan para cumplir con el compromiso de la buena práctica nuclear.

La carta de la Presidencia de CNEA establecía que del acuerdo de trabajo en conjunto, podía resultar que Siemens debiera proveer suministros y participar en la inspección o en los trabajos a realizar en el reactor.

Como consecuencia de ello la CNEA solicitaba la colaboración de Siemens para que realizara trabajos de ingeniería en alguno de los puntos que estaban listados en las minutas. También se pedía analizar el posible suministro de boquillas terminales para ser utilizadas adaptando canales de refrigeración ya existentes de la CNA-II recurriendo a ellos como repuestos para la CNA-I.

Los aspectos comerciales fueron considerados en esa carta, ya que la CNEA esperaba recibir una cotización por cómo se debería realizar los trabajos de reparación y limpieza, estimados que insumirían 1500 horas-hombre de ingeniería. Se decía además que las mismas deberían cotizarse basándose en costos reales y no el tarifario del contrato de servicios que los unía con la operación de la CNAI y que estaba pensado para prestaciones acotadas de esa actividad. Se solicitaba al mismo tiempo una propuesta de financiación.

A medida que mejoraba el conocimiento del grupo de la CNA-I como resultado de las inspecciones realizadas, se fortalecía la idea que la central adolecía de una falla de diseño. El comportamiento de los internos del reactor no respondía a los criterios básicos que el diseñador decía habían sido utilizados en su construcción. Con esta perspectiva la carta del 20 de Septiembre de la Presidencia de CNEA adquiría una nueva dimensión, especificaba que se trabajaría conjuntamente y sobre la base de reconocer costos reales por parte de servicios de Siemens, hasta cubrir completamente la reparación de los internos del reactor, meta ésta que de momento, era incierta.

El 23 de septiembre CNEA confirma vía telegráfica a Siemens-KWU, el pedido de 30 boquillas terminales previstas en las minutas de la reunión para la preparación de canales de repuesto, esperando al mismo tiempo una cotización de los mismos. En un segundo punto de ese telex se reiteraba la ne-

cesidad de disponer de la documentación original de diseño de los canales refrigeración de la CNA-I, solicitud, hasta el momento insatisfecha.

Metalúrgicamente es conocido que la aleación de los canales, sometida a la intensa radiación que existe en el núcleo del reactor, sufre cambios. Uno de ellos es la variación de su longitud y su diámetro; el otro es la alteración de su estructura por el alojamiento de átomos de hidrógeno en su interior. Siemens ofreció datos del valor de ese crecimiento por irradiación al cabo de 30 años de uso; el otro era el contenido de hidrógeno al cabo de 15 años de operación a 270ºC valor correspondiente aproximadamente a la fecha del incidente de agosto del 88. El análisis posterior de esos datos resultó que esas estimaciones no correspondían a la realidad del comportamiento en el reactor. En las consideraciones para el diseño del canal se había utilizado la hipótesis de que el crecimiento del material del canal, la aleación de circonio, crecía en forma lineal con el transcurso del tiempo. Posteriormente se comprobó, tanto en publicaciones científicas como en mediciones realizadas, que luego de un tiempo el mecanismo de crecimiento cambia y su velocidad de crecimiento aumenta.

Con cierta ligereza y haciendo uso sólo de mediciones axiales de los canales irradiados con un reducido tiempo en el reactor de la CNA-I, Siemens afirmaba el 16 de enero de 1989 que tal como se lo había diseñado, se predecía un funcionamiento sin problemas hasta el fin de la vida del reactor, reiterando nuevamente la equivocación.

2.5 Desencuentros

A partir de este momento comienza una cadena de desencuentros que se materializó en una verdadera catarata de telex de ambas partes. A lo largo de este intercambio era notorio que el desperfecto de la CNA-I constituía una oportunidad para concretar un contrato y la CNEA, en cambio, se sentía desertando de la angustiosa coyuntura energética nacional.

El real origen de los desentendimientos es que Siemens no aceptaba explícitamente trabajar sobre la base de costos reales tal como se solicitaba en la nota del 20 de septiembre, que hubiera sido un reconocimiento implícito de su responsabilidad en la falla. Efectuando una propuesta de financiación,

cotizaba sus aportes con sobrecostos directos del 13% sobre cada uno de los servicios ya que existía una gran desconfianza sobre la economía argentina. El tema de los sobrecostos o gastos de administración del crédito estaba contenido en la propuesta de financiamiento que hizo llegar Siemens el 28 de septiembre. Se hablaba de "las tareas de los servicios de reparación de los internos del reactor", por un monto de 4 millones de dólares o su equivalente en marcos bajo una figura financiera llamada "trade credit and deposit facility".

La empresa nada había comentado u objetado directamente sobre la carta de la presidencia del 20 de septiembre acerca de facturar a costos reales con lo que, la CNEA tenía el derecho a suponer que había aceptado de hecho esa exigencia. Sin embargo, con el paso del tiempo comenzó a plantear la necesidad de encuadrar las tareas de la carta basándose en el contrato existente de servicios para Atucha I. Si CNEA aceptaba esta propuesta Siemens sorteaba la exigencia de cotizar a costos reales.

Resulta entonces que todas estas discrepancias sobre costos y cotizaciones en realidad no eran sino un incumplimiento comercial, más aun teniendo en cuenta que se encontraban en ejecución tareas acordadas con Siemens.

La empresa alemana quiso apurar los tiempos. Un telex recibido el 4 de Octubre de 1988 KWU en Buenos Aires informó que se encontraban ultimados todos los preparativos acordados en las minutas de la semana 38 de ese año y, por consiguiente, manifestaban estar en condiciones de mantener una reunión con la Dirección de Centrales Nucleares. Informó también los nombres de los cuatro especialistas que concurrirían. Acto seguido aclaraba que la misión se realizaría facturándola de acuerdo a los términos del contrato de servicios para Atucha I entre CNEA y KWU o sea, al contado. Con el objeto de dar continuidad a las acciones (o por la *"consecutividad"* de las mismas, según lo dejó escrito) y teniendo en cuenta la premura de los temas a tratar, se hacía indispensable este encuentro entre las partes.

Esos términos no convencían al equipo local. La respuesta por la vía del telex número 1590 del 5 de Octubre, de la Dirección de Centrales Nucleares, prestó su acuerdo al cronograma propuesto de las reuniones pero aclaró una vez más los términos de la nota de la Presidencia de CNEA. Reafirma que

los gastos relativos al viaje de esa delegación "serán tratados dentro del marco del acuerdo general a ser establecido basado en necesidades reales y en vuestros costos reales. Tal como fuera discutido en la anterior visita del personal de Siemens"

Llegado a este punto, Siemens vio agotadas las posibilidades que la Dirección de Centrales Nucleares aceptara la facturación con términos distintos a los de la carta de la presidencia del 20 de septiembre. El 6 de Octubre opta por enviar una carta a la Presidencia de CNEA mencionando el telex número 1590 pero ignorando que en el mismo se tratan cuestiones comerciales. Jugando la parte de estar mal informado o de pecar de distraído, propone facturar los gastos de la misión según el contrato de servicios de la CNA-I.

El 7 de Octubre a las 11:03 de la mañana se envió un telex a KWU en Buenos Aires reiterando lo antes dicho sobre el tema de los costos reales: "esta Dirección informó al personal de Siemens de las condiciones comerciales en las que se desarrollarán los trabajos y suministros relativos a las tareas relacionadas con las soluciones requeridas para el re-arranque de la CNA-I que en resumen significan el reconocimiento de los costos reales en que se incurra."

Ante esta respuesta terminante, Siemens subió la apuesta. KWU Buenos Aires envió un telex que es recibido ese mismo día a las 14:36. En él informó que la comitiva de Siemens-KWU de Alemania no viajará en la fecha prevista. Diez días después, el 18 de Octubre, un representante de Siemens viajó solo e hizo entrega del resultado de los trabajos de ingeniería que habían realizado en Alemania.

Faltaba todavía que Siemens cumpliera con el envío de una cotización por esos trabajos, tal como lo había solicitado la presidencia de CNEA en su nota del 20 de septiembre. Tres días después de informar que no enviaría la delegación, en el día 10, la empresa remitió a la DCN la cotización por los trabajos realizados: sumaba un total de aproximadamente 153.400 €[23] del año 1988 (unos 174.700 dólares americanos).

Luego de la entrega realizada por el representante de Siemens de los trabajos de ingeniería realizados en Alemania, se celebraron reuniones sobre el alcance de los posibles futuros trabajos y las

[22] La cotización fue realizada en Marcos Alemanes. Utilizamos el Euro con el fin de tener una idea de precio de la cotización.

condiciones comerciales a las que estarían sujetos. Se contemplaba – y así quedó establecido en el protocolo firmado el 20 de octubre – que el pago de dichos servicios se realizaría con bonificaciones especiales según el monto y la característica de los trabajos. Resulta aquí importante mencionar que la Presidencia de CNEA había recibido el 11 de octubre, una semana antes, una carta desde la alta conducción de Siemens, reafirmando que los trabajos debían hacerse bajo las condiciones contractuales preexistentes.

Todavía con la presencia en Argentina del mencionado representante, Siemens cotizó el 21 de octubre los diferentes equipos y herramientas para la reparación de la Central. Con el breve tiempo disponible envió la cotización en idioma alemán. Era por un monto total de unos 3.326.000 €.

A medida que se extendía la inspección se hacía necesario tener acceso a zonas cada vez más amplias del interior del tanque del moderador. Ya en la reunión de septiembre con Siemens se había resuelto remover canales de refrigeración en distintas posiciones. Sin embargo esto tenía un precio: había que asegurar la existencia de canales de repuesto ya que durante su extracción muchos de ellos podían dañarse. Esto había sido previsto y figuraba en las minutas de las reuniones. El suministro de estos repuestos es otro de los capítulos del mismo desentendimiento.

En aquella reunión se había resuelto tener disponibles treinta nuevos canales que serían obtenidos de los provistos para la CNA-II. El suministro requería sin embargo una adaptación de las boquillas terminales y del largo total del canal. En la reunión con Siemens-KWU se acordó que éstas eran uno de los primeros componentes a proveer. La orden de entrega de 30 boquillas, fue dada el 23 de Septiembre en el telex número 1528 de la Dirección de Centrales Nucleares, de acuerdo con el punto 2.3.2 de las minutas de la reunión.

La oferta de Siemens fue recibida el 29. En ella incluía distintas opciones para el suministro de canales de refrigeración completos. Contenía una combinación de variantes que resultaban desconcertantes por no haber sido pedidas. Esta oferta concluía con la sugerencia de adoptar la provisión total desde Alemania. Inmediatamente se notó que la intención de Siemens era hacer uso de partes disponibles en sus talleres, sobrantes de la provisión para la CNA-II, que se encontraban en la empresa NMA, que

había fabricado los canales de refrigeración para la CNA-II. En caso que se decidiera la fabricación de las piezas en Argentina, la oferta también incluía la provisión de otro equipamiento sobrante de la ejecución de los canales de la CNA-II.

También se observó más tarde, que una de las alternativas contemplaba el uso de 7 canales rechazados por ENACE como provisión para la CNA-II. Es posible que se haya pensado que la urgencia de la parte argentina en asegurar el suministro de repuestos flexibilizaría las razones del rechazo de ENACE.

La cotización por las 30 boquillas que habían sido solicitadas en el telex 1528 fue de 167.600 €, mientras que la alternativa varias veces sugerida por Siemens fue de 1.746.000 €. Por otro lado, todo debía ser pagado contra la presentación de la documentación de embarque y con una carta de crédito irrevocable confirmada por un banco alemán. Sobre este último punto, decía Siemens, existía la posibilidad de llegar a un acuerdo recurriendo a la figura mencionada anteriormente como "trade credit and deposit facility". En esta alternativa ya estaba incluido un sobre precio directo del 13%.

Los plazos de entrega de las boquillas variaban. Una primera entrega de nueve debía efectuarse en la semana 43 y el resto se prometía entregar en la semana 45, siempre y cuando se obtuviera rápidamente el permiso de exportación.

Dado lo enredado de la negociación la DCN respondió inmediatamente reduciendo el número total de la provisión de boquillas a la mitad: se requerirían tan sólo quince unidades. Eso alcanzaba para reponer los catorce canales que se habían extraído para inspeccionar el interior del tanque del moderador. Entre tanto se había explorado la posibilidad de complementar esa entrega mediante su fabricación local.

En una carta del 3 de Octubre de la DCN a Siemens UB-KWU, se comentaron cada uno de los distintos puntos de la oferta y se aprovechó la oportunidad para recalcar que, si bien se podía aceptar que para el diseño de los canales de la CNA-I se hubieran usado relaciones empíricas y comprobaciones experimentales, eso no era ya más aceptable para la CNA-II. Sus especificaciones de diseño establecían de

modo mandatorio contar con los estudios y análisis del fabricante, que aseguraran su funcionamiento en condiciones de operación normal y de falla. Se aclaró que se estaban reclamando esos estudios y no los de recepción, porque estos últimos eran con los que querían dar como respuesta al pedido de las memorias de cálculo y del manual de diseño. Como estos estudios no se entregaban se supuso que Siemens no contaba con los mismos.

El 12 de Octubre Siemens intentó nuevamente vender la fabricación en Alemania de los 30 canales. Conociendo los antecedentes de esta negociación, era evidente que esta estrategia de Siemens AG apuntaba, en realidad, a que CNEA comprara por 1.750.000 € aquel material que había quedado sobrante en Siemens mucho tiempo atrás, por una idea suya de vender materia prima a CNEA. Este sobrante consistía en veinte piezas de Zircaloy que habían sido adquiridas de más para la CNA-II. Ahora pensaban convertir la fallida venta a la Argentina, en la forma de canales de repuesto.

Siemens envió una carta reiterando su propuesta bajo la supuesta ventaja de no requerir un nuevo permiso de exportación y ofrecer además a la Argentina un mejor manejo de cuestiones de salvaguardas. En segundo lugar hizo notar, como una velada amenaza, que los canales enviados para ser usados en la CNA-II debían ser utilizados sólo para ese propósito ya que, de otra manera, se daría lugar a una pesada cuota de engorrosos trámites burocráticos, que producirían dificultades en el área financiera y contractual.

El intercambio de telex, reclamos, propuestas y presupuestos que se reseñaron en los párrafos anteriores, marcaba con creciente nitidez que no se presentaba con el espíritu de reparar, junto con su cliente, un daño cuyo origen era un error de su diseño. Se estaba en cambio frente a una negociación convencional entre un vendedor y su cliente que, en otras circunstancias, no debiera sorprender a nadie.

Las negociaciones estaban empantanadas: se seguía intentando acordar con ella las condiciones finales de la provisión de las boquillas terminales, su fabricación se encontraba demorada, el precio estaba en discusión y no se sabía que sucedía con la licencia de exportación.

El 10 de Noviembre la DCN envió un telex a la filial local de KWU en Buenos Aires informándole que, debido a la demora en la entrega de las boquillas terminales se había recurrido a la fabricación local, pero recubiertas con “stellite”. Este no era el material más deseable pero se debió recurrir a él porque en el país no se realizaban recubrimientos duros libres de cobalto, metal éste que se procuraba evitar en los internos del rector porque sus isótopos radiactivos poseían una vida media muy larga.

Siemens se tomó varios días para responder y comunicó recién el 15 de diciembre que contaba con el permiso de exportación y por consiguiente estaba en condiciones de enviar las 15 boquillas terminales. En otra comunicación informaron que el embarque de las boquillas se iba a hacer contra la presentación de la correspondiente carta de crédito, indicando con eso que si ésta no se abría el envío no se realizaría.

La polémica por las boquillas siguió sin ser resuelta hasta mediado del año 1989. La principal discusión que continuó demorando la entrega del material fue el monto del suministro. Para dar una vistazo único y entender lo enredado del tratamiento de la cuestión económica, baste con indicar que la desagregación de la oferta solicitada por la DCN el 3 de Octubre se recibió recién el 6 de marzo del año siguiente y que la información recibida en el período intermedio o bien era incomprensible o bien era comercialmente inaceptable.

Capítulo III

3. LA CNEA TOMA LA INICIATIVA

3.1 Afrontando el problema

La carta de la Presidencia del 20 de Septiembre que disparó la búsqueda de acuerdos comerciales con Siemens, decía explícitamente que..."de las reuniones surge la conveniencia de continuar conjuntamente el desarrollo de las actividades detalladas en las minutas"... Sin embargo, este concepto estaba pasando a ser letra muerta. A mediados de Octubre de 1988, a más de un mes del incidente, se observaba que el ritmo de las tratativas que había impuesto la empresa alemana hacía altamente improbable reparar la CNA-I con la celeridad que se necesitaba.

En estas condiciones el 11 de Octubre la gerencia de Procesos Químicos a cargo del Ing. Juan Carlos Almagro envió una nota personal al Director de Centrales Nucleares. Allí comentó la marcha de los trabajos realizados con Siemens UB-KWU y repasó las dificultades encontradas hasta la fecha. La interpretación más benévola de estos hechos era que el interés de la empresa alemana no era poner rápidamente en funcionamiento la CNA-I sino que aparentaba estar detrás de aumentar todo lo posible sus beneficios económicos. El mensaje que se quería transmitir en esa nota era que entre todos los involucrados en las tareas de la CNA-I se consolidaba el sentimiento que la CNEA debía tomar la reparación de la Central bajo su entera y exclusiva responsabilidad.

Durante los pasados acontecimientos la reacción de los tecnólogos de la CNEA se había orientado cada vez más a buscar la participación de empresas locales para completar las tareas que se habían iniciado con Siemens UB-KWU. Esas búsquedas habían tenido siempre una buena acogida y habían ofrecido buenas soluciones.

Emergía cada vez con mayor claridad que el percance era la consecuencia de un error en el diseño del reactor. Por otra parte, las acciones de Siemens indicaban que no pensaba reconocer un error de su parte. Su posición intransigente de desconocer la autorización inicial de facturar sus trabajos a costos reales y encuadrarlos en vez, en un contrato de servicios a la CNA-I, sugerían que existía la directiva de no crear ningún antecedente para un posible reclamo jurídico.

La actividad de modificación de los canales fue organizada bajo el mismo esquema usado por ENACE para la provisión de componentes de la CNA-II. Se estableció que la información correspondiente a la adaptación estaría agrupada en capítulos preparados especialmente para este caso. Ellos serían: a) diseño de la adaptación, b) documentación técnica, c) ensayos y examen de los materiales, d) trabajos de adaptación en los talleres. El contenido de esta documentación estaría organizado de acuerdo con la normativa alemana RE-L 5002/E que corresponde a la fabricación de los componentes internos del reactor de la CNA-II.

A los efectos de la realización de los trabajos se designó un coordinador en ENACE y otro en CNEA, habiéndose establecido 14 tareas principales con su correspondiente sector responsable, cubriendo las áreas de ingeniería, aseguramiento de calidad y ejecución.

Mientras tenía lugar la polémica por los desencuentros con Siemens, los trabajos para volver a arrancar la CNA-I no se detenían. La premura en la provisión de los canales de repuesto inducía a hacer uso de todos los recursos disponibles. Se recurrió a la utilización de un galpón existente en el Centro Atómico Ezeiza con características muy cercanas a la de una "zona limpia"[24]. Esas instalaciones se habían preparado originalmente para pre-ensamblar partes de la instalación del Laboratorio de Procesos Radiactivos (LPR). A la tarea de fabricación de los canales de refrigeración se incorporó a las empresas Chincul S.A, y Nuclar S.A. para la realización del mecanizado y provisión de su equipamiento y a la empresa Techint S.A, contratista en el LPR, para las tareas de soldadura. Estas acciones fueron, sin saberlo, el punto de partida de una actividad que continuó, con otros contratistas, hasta muchos años después.

[24] Para ser considerado así, un recinto debe tener atmósfera filtrada y controlada y encontrarse a una presión interior levemente superior de modo de no dar lugar al ingreso de aire desde el exterior con posibles impurezas. Además sus puertas de acceso deben ser dobles y el personal debe acceder con vestimenta y calzado especial.

Esa reunión de recursos no fue solo producto del apuro en ejecutar un trabajo sino que estaba inspirada en la incipiente idea de formar un Parque Industrial y Tecnológico en el predio de la CNEA en Ezeiza. Esta propuesta – que nunca pasó de ser una manifestación de deseos – fue luego publicada en la revista Empresar en el año 1990 y en el Informe del Consejo Consultivo de la CNEA[25] de 1988.

La fabricación de los canales de refrigeración sumó una penuria más a las que ya se habían acumulado. La tarea estuvo plagada de recetas y procedimientos detallados que debían seguirse escrupulosamente para poder tener un canal calificado para su uso en el reactor. Entre las muchas lecciones aprendidas, aún se recuerda el procedimiento para "alcanzar la penetración de las soldaduras en el valor correcto". Aun cuando se había hecho uso de la misma calidad de material que constaba en la especificación de Siemens y se utilizaba el mejor equipamiento disponible, no se conseguían los resultados deseados. Fue una tarea desconcertante y llena de sorpresas, aun para los mejores especialistas en soldadura que se habían incorporado al equipo.

La implementación del sistema de calidad resultó un lenguaje natural para todos los actores porque provenían de una cultura nuclear. Mecanizar, alinear, ensamblar, asegurar la limpieza y mantener organizada las operaciones resultaron tareas de mecánica de taller que, con las dificultades del caso, se las logró implementar paulatinamente. El tema de la soldadura quedó como algo que marcó al equipo con el valor de un abordaje "artesanal".

Todo ese aprendizaje tecnológico resultó sencillo comparado con la tarea de eliminar las barreras impuestas por la burocracia del permiso de exportación desde Alemania y por la discusión de los intereses comerciales.

Al no poder contar con las boquillas provenientes de Alemania, fue necesario llevar adelante su modificación. Para ello se debió apelar a todos los recursos imaginables. Se usaron boquillas recuperadas de canales almacenados, que estaban descartados durante el montaje original y a la fabricación local de boquillas recubiertas con "stellite". Las 15 boquillas contratadas con Siemens-KWU fueron recién embarcadas hacia Buenos Aires en junio de 1989.

[25] El Consejo Consultivo fue creado en lugar del directorio de la CNEA conjuntamente con el nombramiento de la Dra. Emma Pérez Ferreira hasta tanto se fijara la ley constitutiva de la CNEA. Caducó en febrero 1989 cuando se nombró el directorio que actuó hasta el cambio de administración en 1989.

En esta etapa inicial la modificación se realizó sobre un total de 30 unidades. Sin embargo la actividad de fabricación de canales de refrigeración continuó por casi dos décadas con el objeto de proveer repuestos con el objetivo del reemplazo total de los canales del reactor. Esto se hizo no solamente para el mantenimiento operativo de la Central sino para dar también cumplimiento a normas regulatorias que exigían la eliminación de las aleaciones de cobalto de los interiores del reactor.

3.2 Las inspecciones.

El conocimiento del alcance y la naturaleza de los daños que se habían producido se lograron a lo largo de numerosas inspecciones. No solamente ayudaron a comprender lo que ocurrió en agosto de 1988 sino que fueron esenciales para planificar las acciones correctivas y asegurarse que el reactor funcionaría con los márgenes de seguridad adecuados.

Las inspecciones se concentraron en tres áreas muy definidas, la primera fue el tanque del moderador donde se apuntó a realizar un mapa de los daños ocasionados y la localización de las piezas que se debían extraer. La segunda procuró proveer un soporte a las tareas de reparación y la tercera fue para confirmar que se podía continuar con la puesta en marcha. A medida que se profundizaba el conocimiento, las inspecciones del fondo del tanque del moderador extendieron su amplitud.

El 23 de agosto de 1988 se realizó la primera inspección por la posición R06. Se conformó un grupo cuyo responsable era el Ing Kohn, jefe de turno y contaba con el soporte de personal de Siemens. Con este paso se abrió un mundo que el personal de operaciones no tenía en su horizonte. Se inspeccionaron los canales, los tubos guías de las barras de control y las de corte, los de la instrumentación, etc. La información que se recogía llegaba a las mesas de trabajo y se manipulaban planos que nunca antes se habían estudiado. Ubicarse en las dimensiones de las componentes y en su orientación fue una de las tareas de aprendizaje.

Para las inspecciones se consiguieron dos cámaras de grabación. Una la trajo la delegación de Siemens (marca RICOH) y otra fue obtenida por CNEA. El objetivo de una de ellas era de visión axial (servía para ver el fondo del tanque). La otra era provista de un objetivo de visión radial. Hubo que

aprender sobre la marcha la manera de tener una buena iluminación. Para ello se construyeron columnas con una potencia de iluminación de 500W, 1000W y 1500W.

Se consumieron tantos focos y su costo era tan alto que alguien tuvo la idea de regenerar los mismos para reutilizarlos. La vaporización de los filamentos hacía que su material se depositara en el interior del vidrio que se ennegrecía perdiendo eficiencia. Estos inconvenientes hacían que las tareas deberían ser cuidadosamente planificadas. Para inspeccionar un canal o un dispositivo interno había que analizar por qué posición se entraba con la columna de la cámara y por cuál se ingresaba con la iluminación. La columna con la cámara tenía indicaciones para saber la posición axial en que se encontraba.

La tarea de introducir y quitar las columnas era sumamente tediosa. Se utilizaba para ello una grúa. Esta tarea se demoraba porque los movimientos ascendentes y descendentes podían activar emisiones de tritio al recinto del reactor.

El primer informe de inspección constató que se había encontrado parte del canal seccionado de posición R06, inclinado detrás del canal P04. Además, el tubo guía de la sonda W3 se encontraba cortado justo debajo de la tapa del moderador. Una lanza de detectores “in-core” (L02) se encontraba en buen estado. Se consideró que un caño del sistema de detección de elementos combustibles fallados (NX) posiblemente estuviera cortado. Se encontraron diferentes objetos en el fondo del tanque no identificados y se hallaron marcas en el toroide superior. En el toroide inferior se observaron dos orificios. Se hallaron chapas de aislamiento del tanque del moderador y, lo que sería una constante a partir de ese momento, folios de aislamiento de canales dañados.

Los folios aislantes de los canales refrigerantes eran dos láminas de zircaloy, una, la interior, de 0.1 mm de espesor y la exterior de 0.2 mm. Ellas recorrían el canal como una venda dispuesta en forma helicoidal y soldada. Esta forma fue uno de los cambios de diseño de los canales nuevos.

Progresivamente, las inspecciones fueron abarcando casi todo el reactor. Se pudo así visualizar que las sondas de nivel W1 y W2 estaban trabadas y seguían el camino de W3. Las sondas W4, W5 y W6

todavía tenían su extremo inferior con libre desplazamiento, pero surgían dudas sobre la soldadura superior. A pesar de ello se decidió cortar todos los tubos y sacarlos del reactor. Se inició un proyecto que tendía a reemplazar dos canales periféricos de combustible por lanzas de mediciones. La mayor dificultad planteada era que los cables que llevan la información tenían que salir del reactor y había que garantizar la hermeticidad y estanqueidad absoluta del mismo con un dispositivo de pasante de las señales.

Se fabricaron dispositivos para tapar los orificios del fondo del tanque del moderador de la posición R06 y las sondas eliminadas. Estos tapones se expandieron hidráulicamente con el fin de sellar el orificio lo más herméticamente posible. En otras posiciones que se habían extraído canales se colocaban tapones transitorios denominados “gravitacionales”.

El último informe del año 1988 cubría lo encontrado hasta el 28 de diciembre. Para esa fecha ya se tenía un mapa bastante exacto de todos los daños en el interior del tanque del moderador. La observación más frecuente era el deterioro en los folios de aislación de los canales. Esto traía aparejada una importante tarea de limpieza en el fondo del tanque y en el plenum inferior. La posible reducción del caudal de refrigeración de algún canal por la obstrucción de trozas de los folios sueltos y la posible fusión de un combustible dio lugar a discusiones, cálculos y experimentos durante todo el año 1989.

Las otras dos grandes tareas de inspección eran sobre los canales extraídos, los que se encontraban tanto en las piletas del depósito de los combustibles gastados, como en un recinto en la parte superior del edificio del reactor denominado “pileta seca”. En los tiempos del montaje de la planta ese sitio se había utilizado como un lugar de almacenaje transitorio de partes del reactor. Tenía una grilla en la que se almacenaban canales, tubos guías de barras de control, sondas, lanzas de detectores etc. Por el nivel de radiación de las piezas extraídas para realizar los trabajos en el reactor y almacenadas allí se debió llenar de agua garantizando que no hubiera pérdidas y controlando que no se redujera su nivel. Esto implicaba tareas complementarias de adaptación ya que en la construcción del recinto no se había pensado este particular uso.

Las inspecciones de los canales las realizaba el mismo equipo que inspeccionaba el interior del reactor. Las inspecciones de todos los combustibles que podían arrojar alguna información del mecanismo de falla se llevaron a cabo con el grupo de post irradiación del CAC y con el apoyo del departamento de ingeniería de la CNA-I. Este grupo desarrolló además un instrumento y realizó las mediciones de la elongación de la zona de Zircaloy de los canales más irradiados.

Lo que resultó más repetitivo fue el deterioro del folio de aislamiento de los canales. Salvo en la zona del incidente, tanto los otros internos como las chapas de aislamiento del tanque del moderador se veían en perfecto estado. Resultaron destacables tres hechos de suma importancia. El primero fue que el sistema de parada del reactor por inyección de boro no presentaba ningún daño, el segundo fue lo observado en el canal J26, pandeado y arrugado como la pata de un elefante pero que no había llegado a la rotura, una indicación de su atascamiento y por último que el problema del canal C18 impidiendo la entrada del elemento combustible fue un tema totalmente local. Se había roto un dispositivo porta probetas colocado en la parte inferior del canal que contenía material de la vasija para ser irradiado y así poder estudiar las propiedades mecánicas del mismo frente a la radiación. Los otros porta-muestras colocados en otros canales estaban intactos y se descartaba como hipótesis de los daños en la zona de R06.

3.3 Comienzan los trabajos en el interior del tanque del moderador.

Mientras las discusiones con el diseñador se vivían intensamente se complementaban con toda suerte de actividades que en la Central se realizaban sobre el reactor. La ignorancia sobre las causas del incidente hacia que se luchara por acumular más y mejor información. Se mejoraban las inspecciones aun con los limitados recursos disponibles, se preparaban mejor los elementos de inspección, se analizaban registros y documentos de archivo, se inspeccionaban varias generaciones de elementos combustibles que habían pasado por el canal dañado y se estudiaban cuidadosamente todos los acontecimientos sucedidos desde que comenzó la anomalía. Se recurrió a toda la información que pudiera resultar útil acerca de la historia del canal, incluyendo informes de la puesta en marcha en

1973. Se pusieron también en funcionamiento inmediatamente planes de entrenamiento de operadores y de ensayo de herramental especial.

Se realizaban dos reuniones de coordinación, una a la mañana y otra a la tarde que daban las directrices para el desarrollo de los trabajos y se complementaban las de las tareas específicas como la inspección, reparación y mantenimiento cotidiano de la planta.

El gerente de la planta se reunía con sus colaboradores más cercanos a la mañana muy temprano para organizar el trabajo de acuerdo a las tareas de la noche y luego al atardecer para una evaluación del día y la preparación de los días subsiguientes. Estas reuniones se realizaban en la oficina del gerente en el piso denominado "+16 metros" por su ubicación. La mayoría de las veces eran tan prolongadas que la gente empezó a llamar a la oficina "el submarino" porque se cerraba la puerta y parecía que había inmersión total por tiempo prolongado.

Había que tener en cuenta que no solo se debían acordar los trabajos y las relaciones con otros sectores de CNEA y reuniones con Siemens. Además había que conseguir los recursos económicos, asegurar la logística y, sobre todo, palpar el humor social y del personal.

El ánimo de los que trabajaban en la planta era muy fluctuante. En los primeros meses todo parecía negativo dado que a medida que progresaban las inspecciones se encontraban otros problemas que se sumaban a lo ya localizado en R06. Apareció al problema de los folios que estaba extendido, el del canal pandeado J26. Se discutía si las chapas aislantes del tanque del moderador se mantendrían fijas o no en toda la superficie.

Si bien se trabajaba muchas horas en la planta y había un cierto aislamiento del mundo exterior la intranquilidad social llegaba de todos modos a todo el personal. Se cobraba cada 15 días y había que ir corriendo para adquirir bienes de consumos porque desaparecían de las góndolas del mercado. En 1989 se desató una hiperinflación incontenible.

En el ambiente de trabajo que se focalizaba en la reparación con jornadas de 24 horas de trabajo comenzaba a cundir cierta desmoralización. Se multiplicaban preguntas que sólo conducían a au-

mentar la zozobra. ¿Se podrá reparar la central? ¿Se podrá volver a arrancar alguna vez? ¿Llegarán los recursos necesarios a tiempo? Los rumores en Zárate eran muy negativos. A pesar de todas las adversidades muchos seguían pensando en cómo reparar y limpiar el reactor aportando ideas y trabajando en el taller de la central en forma continuada.

Otro equipo de trabajo era el Grupo de Apoyo y Asistencia a la Gerencia (GAAG) que se reunía aproximadamente una vez por mes y que en promedio, asistían unas treinta personas (ver anexo III). Los temas tratados fueron de los más variados y en la segunda mitad del año 1989 se incorporó personal del grupo regulador para llevar adelante los requerimientos necesarios para el re-arranque de la central.

Merece destacarse lo positivo que resultó el logro de la coordinación de las tareas que se ejecutaban en paralelo en la planta. Eso tuvo lugar de manera ininterrumpida durante 15 meses hasta la puesta en marcha en enero de 1990. Con el progreso de las tareas se fue dibujando con creciente claridad lo substancial del problema. En las reuniones se recibía información y se impartían directivas sobre la ejecución de las diversas tareas.

Desde el momento mismo en que se extrajo el canal R06 y se observó que le faltaban 80 cm de su extremo inferior, se sabía que en el fondo del tanque del moderador, y también bajo el plenum inferior, habían quedado los trozos faltantes, los del elemento combustible y los de otras partes dañadas del interior del tanque. Resultaba obvio que era imperioso retirarlos.

La operación a realizar en el interior del tanque del moderador para la limpieza, reparaciones o modificaciones tenía una limitación difícil de sortear: no se debía abrir el recipiente de presión levantando su tapa, esta solución llegó a conocimiento de la gerencia como una versión de lo que se estaba pensando entre los técnicos de Alemania. Ello habría traído de suyo retirar todos los elementos combustibles, los internos del reactor y el blindaje superior.

En los reactores PWR de agua liviana se debe sacar la tapa del reactor para el recambio de los combustibles gastados por nuevos. Esto se debe realizar cada 18 meses aproximadamente. Es por esto

que algunos técnicos insistían con esta idea con el fin de realizar la reparación. Pero el reactor de Atucha tiene diferencias importantes que ponían en duda esta estrategia. En los reactores PWR la parte superior se encuentra ocupada por agua liviana, mientras que en los PHWR se montaron bloques de acero de varias toneladas que encaja en forma como ladrillos del juego "lego" dejando orificios para el pasaje de los canales refrigerantes y los tubos guías de las barras de control entre otros internos. Además entre los bloques existen huelgos muy pequeños con el fin de refrigerar los cuerpos de relleno. Estos bloques tenían el fin de disminuir el volumen de agua pesada y el consiguiente costo de la inversión.

Sólo el retiro de estas piezas podía llevar alrededor de un año y eso era a todas luces una aventura de final impredecible. Los recursos humanos capacitados que se requerirían, la gestión de los residuos y los recursos económicos involucrados eran de una magnitud impensable. El único modo que quedaba para extraer esos fragmentos era pescándolos.

Se programaron las tareas de limpieza conociendo sólo una parte de la información. La localización y extracción de fragmentos debían hacerse a través de los espacios que quedaban al retirar canales de refrigeración. Se estimaba que la extracción de 14 canales permitiría, teóricamente, inspeccionar todas las calles formadas entre ellos. Pero, por otra parte, aun no se disponía del herramental necesario para extraer los fragmentos con lo que no se conocía todavía cuántos canales más sería necesario retirar para permitir el trabajo.

Las tareas a realizar por las dificultades que se presentaban, parecían programadas por el mismo demonio. El único acceso al recipiente de presión era por un orificio por el que se inserta el canal de refrigeración y, ese agujero no tiene más de 12 centímetros de diámetro. Además el recipiente es muy profundo: desde la tapa al fondo hay unos 12 metros. El problema era entonces cómo pescar fragmentos metálicos desde la altura equivalente a un cuarto piso, a través de una abertura no más grande que el plato de una taza de té. Para complicar aún más las cosas, no se tenía una visión directa de la zona de trabajo: sólo se la podía observar por medio de cámaras de televisión y en condiciones ambientales adversas.

La captura de los fragmentos sólo se podía hacer con un herramental especial ya que no sólo se debían asir los fragmentos y extraerlos, sino que, además, se los debía manipular y cortar, para que pudieran pasar por el agujero disponible de 12 centímetros de diámetro. En el momento en que se comenzó a pensar en la solución de este problema esas herramientas no existían. Era necesario diseñarlas, desarrollarlas, construirlas y hacerlas funcionar.

Tan pronto se conocieron las primeras imágenes de los daños se inició el planeamiento de la "campaña de pesca". En la reunión del GAAG del 31 de agosto se estableció la necesidad de buscar telemanipuladores especiales en el mercado local e internacional por fuera de la negociación ya encarada con Siemens. La idea era tener alternativas de elección tanto técnicas como económicas. Siemens, por su parte, debía elaborar una propuesta con la ingeniería solicitada. Sin embargo, con las dificultades ya encontradas hasta el momento no se esperaba que ésa fuera una solución rápidamente accesible.

En esa búsqueda de terceras opiniones se exploró la colaboración que podría brindar la empresa canadiense AECL con quien se había establecido una cercana relación por la provisión de la Central de Embalse. Había razones para suponer que su consejo podía ser útil. Los reactores CANDU 600 que fabricaba AECL cuentan con un arreglo de 380 tubos de presión montados en forma horizontal en un recipiente llamado calandria. En un par de ocasiones AECL en Canadá debió intervenir en el espacio comprendido entre los tubos de calandria que rodean a los de presión afrontando un problema mucho menor pero semejante al que se tenía en la CNA-I en ese momento. Se dio la afortunada coincidencia que se encontrara en Córdoba un técnico de esa empresa. La recomendación del técnico de AECL fue clara: el trabajo que ellos habían realizado fue hecho con un brazo mecánico de la marca Schilling, manejado hidráulicamente y diseñado para operaciones submarinas y fabricado en EEUU.

También se dio participación a Tecnatom de España, que llegó a cotizar el equipo para el corte de las partes afectadas del interior del tanque del moderador por electro-erosión. El tiempo estimado de ese trabajo fue de 2 meses y el monto solicitado por el equipo correspondiente fue de 461.233 dólares. A este valor había que adicionarle los gastos de entrenamiento y de repuestos y la provisión de un telemanipulador, que no sería provisto por esta empresa.

Se llevaron a cabo tratativas con una firma holandesa, KWINT TECHNIEK HOLLAND. Éstas se desarrollaron durante el mes de diciembre de 1988 y en un telex del 16 de diciembre se explicitó un anticipo de propuesta para la reparación. En él se describía muy someramente la idea de cómo se procedería en la reparación, el equipamiento que se usaría y el personal que participaría. Luego de tener preparado el equipamiento que describía en su telex se estimaba que el trabajo se podría realizar en 4 semanas. Aun cuando adelantaban que en ese momento no podían dar una cifra precisa del monto de la contratación, valuaban que la misma alcanzaría a unos 3 millones de dólares.

Si se estaba de acuerdo en ir adelante con una oferta más detallada y se pretendía una descripción técnica, enviarían rápidamente una misión de 4 especialistas, para lo cual solicitaban que se les proveyeran los pasajes vía aérea. El alojamiento y las expensas corrían por su cuenta. Luego de preparar la oferta con los exactos detalles técnicos, la entregarían previo pago de la suma de 540.000 florines, que posteriormente se deduciría de la suma total del trabajo.

Las tratativas para conseguir los telemanipuladores Schilling no tenían buen pronóstico desde su mismo comienzo. Ni técnica ni económicamente iba a resultar fácil concretar su adquisición. La actitud de los EEUU en materia de no proliferación nuclear ponía inconvenientes insalvables para la exportación de estos equipos. La tarea más ardua recaería en lograr el permiso de exportación.

Por más de 10 años EEUU no se había expedido sobre permisos de exportación en el área nuclear solicitados en ese momento para la Argentina. Esa conducta estaba inspirada en una política de embargo de tecnologías afines con la actividad nuclear concretada en la *"Non Proliferation Policy Act"* impulsada por el presidente Carter[26]. Esta situación por otra parte motivaba los reiterados lamentos del Ing. Jaime Rozenblum, representante comercial de una firma norteamericana, proveedora de aleaciones de circonio. Gracias a aquella actitud del gobierno de los EEUU, él había perdido la oportunidad de concretar un negocio muy atractivo con la Argentina que había reorientado sus compras de aleaciones de circonio a proveedores Franceses.

Conociendo la situación por la que pasaba la CNA-I, Rozenblum se acercó interesado en colaborar en lo que fuera necesario. Fue la buena relación que se estableció con la embajada de Estados Unidos

[26] Esta acta fue aprobada por el parlamento de los EEUU en 1978 y establece un complejo entramado de normas, regulaciones y salvaguardias para la transferencia, uso y desarrollo de tecnología nuclear. Si bien el propósito que se aducía era desanimar el desarrollo de aplicaciones bélicas, en la práctica embargaba cualquier elemento tecnológico que pudiera ser de alguna aplicación para la tecnología nuclear, aun cuando sus fines y aplicaciones inmediatos fueran de cualquier otra naturaleza.

lo que suavizó la parte más importante de los inconvenientes y encaminó adecuadamente las gestiones para esa compra. El argumento usado, desde la Embajada de EEUU en la Argentina, fue la de colaborar en la solución de la desastrosa crisis energética que amenazaba al país. Esa razón terminó por viabilizar el permiso de exportación y Rozenblum consiguió, al mismo tiempo, la representación comercial de la empresa Schilling.

Ése no fue ciertamente el único camino que se siguió para conseguir los telemanipuladores. Un proveedor ofreció traerlos triangulando la compra vía Israel. Habiendo considerado seriamente esa opción, hubo con todo que descartarla porque no permitía disponer de manipuladores de la longitud necesaria para operar en el recipiente del moderador de la CNA-I. Para agotar todas las posibilidades también se le había pedido asistencia a INVAP y a KWU para la provisión de estos equipos. Sobre éstos se recibió una cotización en noviembre de 1988, muy condicionada, debido a la incertidumbre de obtener el permiso de exportación desde EEUU, por la suma de USD 185.000 más 692.000 Australes (unos 50.000 dólares) y una a fin de enero de 1989 por la suma de 199.150 dólares de parte de Siemens.

Para probar y poner a punto el herramental que se terminarían utilizando y entrenar a los "artesanos pescadores" se construyó un modelo de la zona inferior del tanque del moderador. Este modelo abarcaba el canal de refrigeración en que se habían detectado problemas reproduciendo los canales vecinos, el toroide y el fondo del recipiente, todo en sus reales dimensiones. Se instaló en el edificio de la turbina y contaba con puestos de trabajo a 12 m, a 7m y a 1,3 m para permitir a los operadores entrenarse trabajando en las condiciones similares a las de manipular las herramientas en el reactor.

Cuando llegaron los telemanipuladores a Buenos Aires se creyó haber avanzado un largo trecho, pero pronto el entusiasmo se aplacó. Se advirtió la limitada capacidad de intervención de los mismos porque sólo podían recoger piezas de poco peso. Además su herramienta de corte poseía poca fuerza para seccionar piezas metálicas de mayores dimensiones. El desencanto no se agotó allí. Durante los entrenamientos menudearon las sorpresas por la realización de movimientos espasmódicos que presentaban los telemanipuladores en algunas ocasiones. Estas circunstancias indujeron a efectuar

modificaciones del sistema de control de los movimientos y, por otra parte, a poner paños fríos sobre la ansiedad generalizada.

Durante esta "campaña de pesca" se llevó a cabo la definición conceptual, construcción y operación de varias herramientas para manipulación a distancia. La ejecución de la ingeniería y su construcción se contrató a empresas locales, en las que participaron principalmente INVAP, TECHINT, CONUAR, NUCLAR y ENACE. De este modo las herramientas para limpieza y reparación del reactor fueron toda una aventura que se extendió por varios meses. Algunos detalles quedaron documentados y gran parte de la información sobre la experiencia vivida con su uso se encuentra en los archivos de la Central.

Las herramientas de limpieza estaban sometidas a condiciones de trabajo que eran inusuales tanto para el campo convencional como para el nuclear, que establecían requerimientos excepcionales para su diseño y construcción. Así fue que resultó prácticamente imposible usar o adaptar herramental que estuviera disponible en el mercado y forzó a que debieran ser concebidas y fabricadas especialmente para cada operación de limpieza y reparación.

El menú de los condicionantes principales era el siguiente:

- El ingreso de la herramienta en el tanque del moderador y su operación posterior debía realizarse a través de orificios de un diámetro máximo de 120 mm.

- Los materiales de las herramientas estaban sometidas a una intensa radiación gamma. Esto condicionó el uso de mangueras, sellos de cierre, el aislamiento de los cables eléctricos y otros elementos de control. El personal disponía sólo de un tiempo muy limitado en las áreas de trabajo lo que exigía disponer interfaces amigables para el control remoto.

- La estructura de muchas herramientas estaba sujeta a grandes esfuerzos mecánicos y su demanda de energía era muy importante. Esto surgía de la necesidad de realizar cortes o desplazamientos de piezas de considerable peso.

- Los sentidos y las percepciones de los operadores eran de escasa utilidad. Las tareas debían realizarse en medio de un bosque de tubos en el interior del tanque. El tamaño de algunos elementos a manejar, imponía una gran delicadeza operativa, sensibilidad y precisión a la interacción hombre-máquina.

La multiplicidad de tareas terminó por motivar a lo largo de los meses de reparación, el desarrollo de un verdadero arsenal de herramientas especiales. El listado completo que resumía la situación alcanzada en el campo de esas herramientas fue presentada por la Gerencia de la Central, en una reunión de importantes consecuencias que fue mantenida con Siemens el 21 de Febrero de 1989 de la que nos ocupamos más adelante. Allí se enumeraron las siguientes herramientas y las actividades para las que habían sido preparadas:

- Para el movimiento general de partes sueltas en el interior del tanque del moderador: un manipulador mecánico, dos manipuladores electro-neumáticos y tres manipuladores hidráulicos (Schilling).

- Para el corte y extracción de tubo guía: dos manipuladores hidráulicos, una herramienta de agarre del tubo guía, una herramienta de corte del tubo guía, una herramienta de transporte del tubo guía, un extractor de boquilla inferior.

- Para la recuperación del tramo inferior del canal R06: una herramienta de agarre del canal, una herramienta de transporte del canal, una herramienta de corte por electro-erosión.

- Para el corte de la chapa de aislamiento del tanque del moderador: Para el corte de chapa suelta, las siguientes herramientas: corte, corte giratorio, tijera, corte saca-bocado y para otro tipo, de cortes por electro-erosión. Bajo la idea de un técnico de la central se desarrolló “un abridor de latas” que enrollaba las mismas para poderlas retirar.

- Para la limpieza del fondo del tanque: sistema de aspiración con filtro de retención, herramienta de transporte de filtros. Se construyeron herramientas poco sofisticadas como una “pala y escoba” para aquellos trozos en el fondo del tanque de moderador que resultó efectiva pero muy lenta.

3.4 El momento de las definiciones

Luego de dar por concluidos los trabajos de ingeniería encomendados por la Presidencia de CNEA en la nota del 20 de septiembre se dio comienzo a una segunda etapa de negociaciones con Siemens que culminaría en Febrero de 1989. El documento conteniendo los resultados de la primera etapa se asentó en un Protocolo firmado por el Ing. Fischer de Siemens y la DCN, el 20 de octubre de 1988.

Entre un millar de otras tareas menores pero imprescindibles, los meses subsiguientes transcurrieron, para el lado argentino, en descubrir más anomalías en el bosque de canales, en la lucha con el diseño y la fabricación de las herramientas para la pesca de fragmentos y en la batalla burocrática de conseguir el permiso de exportación de EEUU por el telemanipulador Schilling. Siemens por su parte continuaba elaborando la posibilidad de ofrecer una reparación más integral de la Central, por supuesto a un costo muchísimo mayor. En la nueva presentación que preparaba esa empresa no se contemplaba el rumor que había llegado de levantar la tapa del reactor, ya que se sabían que esa alternativa no sería aceptable por la CNEA.

La marcha de las negociaciones con Siemens hacía recomendable un contacto de la CNEA con la más alta plana directiva de la empresa alemana razón por la cual se comenzó a planear un viaje a Alemania de Emma Pérez Ferreira para concretar un encuentro entre ella y las máximas autoridades de Siemens. Si bien la presidencia de la CNEA estaba al tanto de todos los detalles de los trabajos en la CNA-I, el 18 de noviembre el equipo encargado de esa tarea le hizo llegar un memorando interno preparatorio del encuentro con las autoridades de Siemens. En él se hacía un balance de las acciones emprendidas y de las perspectivas de continuar descansando en los recursos técnicos domésticos para completar la reparación. Se consideraba que esta última alternativa era viable

Hacia el final del mes de noviembre se concretó el viaje de la Dra. Emma Perez Ferreira y se reunió en Alemania con los directivos de Siemens. En el transcurso de esas reuniones, la empresa sugirió explícitamente no encarar la reparación por cuenta propia. También indicó, que la reparación que ellos estaban pensando insumiría un monto no menor a unos 8 millones de euros lo que daba un fiel indicio de lo extensos que serían los trabajos propuestos. Curiosamente esa cifra se repetiría con su-

tiles cambios, en una carta muy posterior, cuando ya estaba en funciones la nueva administración del Presidente Menem. La representación de Siemens en Argentina la incluyó en un *"non paper"* enviado al Ministro Bauzá salteando a las nuevas autoridades de la CNEA.

Ante estas sugerencias Pérez Ferreira solicitó telefónicamente desde Alemania, las últimas novedades y la opinión del equipo técnico que estaba en Buenos Aires. En esas conferencias se reafirmó que tanto la marcha de la reparación como la capacidad de respuesta técnica local encontrada hasta ese momento era enteramente satisfactoria. Por otra parte el estilo de las negociaciones con Siemens no había cambiado y la urgencia de una reparación era cada vez mayor. En conclusión se sugirió persistir en la estrategia implementada antes de su viaje ya que mantenía su plena validez.

El mes de noviembre de 1988 fue pródigo en novedades para la actividad nuclear. La crisis energética seguía arrasando y se prometía el reingreso de la CNA-I a la red para fines de año. En Perú se inauguraba el rector de investigaciones que había construido Argentina concretando así la primera exportación nacional significativa de tecnología nuclear. Los presidentes Alfonsín, Sarney y Sanguinetti avanzaban en la política de imponer una máxima transparencia de las actividades nucleares en la región. Se hicieron públicos posibles acuerdos financieros con Alemania para la finalización de la CNA-II.

No por esto la actividad nuclear dejaba de despertar suspicacias en la población que seguía condenando la construcción de un repositorio de residuos nucleares en Gastre[27] y desconfiaba de las reales posibilidades de los técnicos argentinos en finalizar exitosamente la reparación de la CNA-I. A propósito de esta actividad, un fallido borrador de primera plana del diario Página 12 se refería a la CNA-I con un **"¡Olvídala cariño!"**. Fue reemplazado el 13 de diciembre por otro que ganó la calle en que, aparte de responsabilizar a la CNA-I de los cortes de luz, se mostraba una vieja fotografía del reactor sobre la que se leía un titular que decía **"Lo arreglamos con alambre"**.

En los días que siguieron a esas reuniones, KWU Argentina comenzó a preparar una reunión entre autoridades argentinas y las de Siemens de Alemania. En ella su Vicepresidente, Adolf Hüttel se proponía realizar una presentación completa de lo planeado por Siemens. Ese encuentro debía tener

[27] La eliminación de residuos cuyo decaimiento es más lento era y sigue siendo hasta ahora objeto de análisis y de debate. En 1988 se estaba estudiando la posibilidad de construir un profundo túnel en roca en el partido de Gastre en el norte de la provincia de Chubut que a la sazón tenía una población total de unas 400 personas. Esta iniciativa disparó una justificada controversia que ocupó a la prensa durante varios meses a partir de julio de 1988. Este estudio en el que participó la Universidad de San Juan a través de su Departamento de Ingeniería de Minas era una iniciativa razonable pero inoportuna ya que no pesaba ninguna urgencia. La polémica se agotó ante el anuncio, a fines de septiembre, de su virtual postergación indefinida.

lugar el 21 de febrero de 1989 y en él se expondrían las ideas de Siemens respecto a los servicios a prestar por los daños en la CNA-I. Dado el nivel de los participantes del encuentro, se pretendía que la reunión tuviera un carácter decisorio sobre el futuro curso de los acontecimientos.

En su propuesta Hüttel adjuntó un anticipo de los conceptos principales a tener en cuenta para la rehabilitación de la Central y las medidas que se deberían tomar para llevarlas a cabo. Adelantó que para minimizar el riesgo radiológico durante los trabajos posteriores se deberían eliminar todos los elementos combustibles del reactor y descontaminar todo el circuito primario antes de comenzar las reparaciones. Las primeras estimaciones fuertemente optimistas sobre el tiempo requerido para poder re-arrancar la Central ubicaban esa operación en el último trimestre del año 1989.

A los casi seis meses de ocurrido el incidente, las acciones iniciadas y la experiencia acumulada habían hecho ganar al equipo de la CNEA una gran confianza en la evaluación de propuestas y planes de reparación tanto propios como ajenos. Juan Carlos Duarte en su calidad de gerente de la central tenía ya un panorama muy claro tanto para lo inmediato como para el más largo plazo. Por una parte se debía establecer un plan perentorio de reparaciones que restablecieran el aporte de la central al sistema interconectado nacional. Por el otro se debían tomar precauciones para el largo plazo, que garantizaran la efectividad de futuras modificaciones y que garantizaran una operación segura, con plena advertencia anticipada de posibles fallas.

La premura en re-arrancar la central había hecho que en todo el tiempo transcurrido desde el momento del incidente, se iniciaran todas las acciones posibles para apurar el restablecimiento del servicio. Se sumó así un importante bagaje de experiencia y de conocimiento. Aprovechando este hecho Duarte convocó a su equipo de colaboradores más cercanos para preparar una detallada presentación de todos los preparativos realizados. La idea era aprovechar la reunión de Febrero para que las autoridades de Siemens los conocieran en todo detalle. De este modo se aseguraba que ambas partes tuvieran una información actualizada equivalente y se pudiera efectuar una discusión técnica más fructífera. De paso se bloqueaba la intención de Siemens de encarar trabajos mucho más profundos en el reactor.

En su presentación, Duarte hizo hincapié en describir todos los trabajos de mantenimiento realizados antes del re-arranque operativo del 19 de abril del 1988. Varios medios periodísticos ligaron el incidente de diciembre del '87 y otros problemas menores a un pobre financiamiento de las actividades nucleares y a la supuesta falta de revisiones periódicas en las rutinas de operación de la Central. Algunas de las declaraciones de Siemens apuntaban en una dirección similar ligando el incidente de agosto a esa desatención.

El plan elaborado por Duarte y su equipo de colaboradores para la CNA-I era extremadamente amplio, iba mucho más allá de la reparación de la falla y establecía una detallada agenda de actividades para el largo plazo. Contemplaba tres fases. Una, inmediata, debía completarse antes del re-arranque. La segunda, complementaria de ésta, debía ser realizada en la próxima parada programada de la central. La tercera debía encararse progresivamente y junto con los trabajos de modernización y prolongación de la vida útil de la planta.

Se informaba sobre el resultado de las inspecciones realizadas en el reactor, en las piletas de almacenamiento de combustible gastado y en los elementos combustibles. Se listaban los daños encontrados en los canales de refrigeración, en las placas de aislamiento térmico del tanque del moderador, en las de los toroides de distribución del moderador y en los encontrados en otras partes internas.

La "campaña de pesca" también fue detallada en ese informe. Se daba una lista de las partes sueltas encontradas y recogidas del tanque del moderador y en el "plenum" inferior. Se indicaba el efecto que podrían ejercer las mismas sobre el sistema primario y moderador. Se explicitó el estado de desarrollo, construcción o aplicación del herramental necesario para realizar o completar los trabajos de limpieza y reparación. Se indicó su estado de avance, las empresas a las que se le habían encomendado la provisión y la función que cumpliría cada herramienta.

También se incorporó al informe un listado de las actividades que se habían encarado, y se encontraban en plena realización, tendientes a determinar el origen de la falla. Si bien faltaban detalles por establecer, el informe transmitía la plena convicción que todo el incidente era debido a errores de diseño. Se detallaron además otros trabajos, dedicados a definir las condiciones de seguridad, por

cuanto no se podía eliminar todo rastro de la falla ocurrida. En la presentación también se agregó un listado de todos los análisis y estudios ya realizados y por realizarse en el futuro con estos propósitos.

Cerraba la presentación el plan de verificaciones previas a la puesta en marcha con una etapa en frío por 48 horas, luego y durante dos semanas, la instalación debía funcionar en forma isotérmica a 260ºC sin generar energía. La siguiente etapa era poner el reactor crítico a potencia cero y finalmente escalones de potencias crecientes en 6 pasos, iniciando al 1% hasta llegar a plena potencia. En cada etapa se debían realizar prueba para determinar que el reactor operaba dentro del rango de trabajo en condiciones seguras. Adicionalmente se mencionaban las modificaciones previstas sobre el programa de inspección en servicio y se adelantaba un análisis del impacto que el incidente tendría en la operación de la Central.

Finalmente llegó la tan preparada reunión. Ella tuvo lugar entre los días 22 y 23 de febrero de 1989 y contaba con la presencia de las altas autoridades de Siemens y de la CNEA: el Dr. Adolf Hüttel y la Dra. Emma Pérez Ferreira. Por la parte de la CNEA estaban presentes la plana mayor de la Dirección de Centrales Nucleares, algunos miembros del Directorio de la CNEA y el equipo de colaboradores más próximos de Duarte: Vicente de Paz y Juan Carlos Almagro.

Los participantes se reunieron en la sala de situación de la CNEA. Una amplia habitación rectangular ubicada en el segundo piso del edificio de la Av. Del Libertador ocupada por una mesa rodeada de cómodos sillones. La habitación se comunicaba directamente con el despacho de la Presidencia de CNEA y estaba equipada para efectuar presentaciones con un proyector de transparencias. Una de sus paredes laterales estaba ocupada con ventanas que daban a la Avenida del Libertador, cubiertas con pesadas cortinas y la otra albergaba un gran mapa con el planisferio del mundo y la puerta de acceso que la comunicaba con un pasillo interior del edificio.

La agenda de la reunión se había arreglado para que se comenzara con la presentación de Duarte para luego escuchar las propuestas de Siemens. La voluminosa pila de transparencias de Duarte preocuparon un poco a Emma pero no por eso se alteró el programa.

Duarte comenzó a describir el estado de situación general y el programa que habían preparado para el futuro. Cuando ya habían transcurrido un tiempo prudencial Emma pasó un mensaje en papel a Almagro, sentado próximo a Duarte para que recorte su exposición para respetar la agenda. Duarte parecía en cambio animado por un fuego sagrado. Brotaban de su exposición datos, precisiones, programas y detalles de todo tipo. Todo parecía estar contemplado y no había detalle que hubiera quedado sin atender. El equipo de CNEA acompañaba sus afirmaciones con sobrios gestos de aprobación. La excusa por tan detallado discurso, era en realidad ciento por ciento válida. Resultaba muy importante que conocieran los presentes y por supuesto particularmente Siemens cómo estaban cubiertos todos los aspectos desde las inspecciones hasta las acciones futuras que permitieran una extensión de la vida de la Central.

Cuando Duarte hubo terminado la sala quedó en un profundo silencio. No había escapado a los representantes de Siemens que ellos no tenían nada para agregar. La cara de Emma no pudo esconder un gesto de satisfacción. Una larga experiencia de negociaciones y presentaciones hizo que la de Hüttel no se alterara. Fue sin embargo él quien tomó la iniciativa de comenzar a entregar las carpetas con el material que se había preparado en Siemens.

3.5 Los caminos se separan

Con este gesto se aprobaba la propuesta presentada por Duarte pero también indicaba que ahora era el turno de discutir la propuesta de Siemens. Lo elaborado en Alemania seguía los lineamientos esbozados en la carta que habían enviado a Emma y sólo fue ampliado someramente en el transcurso del resto de la reunión.

El Vicepresidente de Siemens, centró su exposición en lugares comunes acerca de la importancia de preservar la seguridad de la Central. Lo hizo en términos generales y basando su argumentación en conocidos principios básicos del aseguramiento de la calidad y su resultado en la seguridad nuclear. Dos eran los elementos centrales de la propuesta alemana: la descontaminación del primario y la instalación de un segundo sumidero de calor. Éste consistía en un circuito de refrigeración indepen-

diente que funcionara por convención natural. Era inocultable que esa propuesta estaba totalmente desconectada de la realidad que se vivía en la CNA-I.

El plan de trabajos que recomendaba Siemens y estaba contenido en su propuesta, fue el siguiente:

1. Extraer todos los elementos combustibles
2. Descontaminar el sistema primario y moderador.
3. Cortar todas las lanzas de medición de nivel y obturar los agujeros dejados por ellas en el plenum inferior.
4. Cortar las partes sueltas de las placas de aislamiento del tanque del moderador.
5. Extraer las partes sueltas en el moderador y plenun inferior.
6. Instalar nuevas lanzas de medición de nivel (modificación de cuatro canales de refrigeración. Tarea que se estaba desarrollando entre gente del "loop de alta presión" y personal de planta)
7. Inspección y limpieza de los intercambiadores de calor y válvulas del moderador.
8. Instalación de bridas en los intercambiadores del moderador.
9. Instalación de un segundo sumidero de calor.
10. Conservación, mantenimiento y "backfitting"[28].

Luego de la reunión se las evaluó y se las discutió

Se prepararon y firmaron minutas de la reunión con fecha 24 de febrero, donde se puntualizó que ambas partes contaban con la misma información general sobre el tanque del moderador y estaban

[28] El término "backfitting" denomina una puesta a punto del conjunto con revisión, reparación y modernización de sistemas.

de acuerdo sobre las reparaciones que debían ser realizadas. Los puntos principales de esta minuta establecían una visita de personal de Siemens para el tratamiento de la posible incorporación del segundo sumidero de calor y de la visita de dos especialistas en descontaminación.

Las tareas que recomendaba efectuar Siemens no eran enteramente coherentes. Así por ejemplo su planteo de efectuar una descontaminación sin eliminar sus causas era un claro contrasentido ya que la contaminación reaparecería en muy poco tiempo. Por su parte, la propuesta de instalar un segundo sumidero de calor era un caballito de batalla que había sido presentada por Siemens en 1986, como parte de las acciones de modernización de la Central. En Febrero de 1989 ambas tareas distaban de ser elementos críticos para el re-arranque de la central, no eran cruciales para su seguridad y sólo contribuían a abultar la cuenta de gastos de la Argentina y posponer la solución de las carencias de energía eléctrica del sistema interconectado nacional.

La Dirección de Centrales Nucleares nunca dejó de considerar la importancia del segundo sumidero de calor y de las razones expuestas para instalarlo. La importante diferencia consistió en que la gestión local propuso un sistema alternativo de seguridad dejando preparada la instalación para conectar ese sumidero más adelante. A pesar de estos hechos, no fue poca la presión ejercida por Siemens para que se montara. Aun antes del re-arranque en enero de 1990 de la central, varios meses después de iniciadas las negociaciones y en conocimiento de una posible fecha de éste, envió una carta insistiendo en su instalación.

Los términos de esa nota fueron extremadamente enérgicos: negaban su acuerdo para que la central se re-arrancara sin el sumidero de calor y, para que quedara absolutamente claro su desacuerdo, retiraban personal de Siemens ligado a la obra. A pesar de amenazas tan contundentes, ese sistema no fue instalado en aquella oportunidad, pero formó parte del plan de actualización de la central y hoy es un sistema más de la seguridad del reactor.

La descontaminación del primario reconocía una larga historia. La principal fuente de contaminación surge del uso de aleaciones ricas en Cobalto para el recubrimiento de partes duras. El Cobalto natural absorbe neutrones que hay en el seno del reactor y muta en un isótopo radiactivo de la misma sus-

tancia de larga vida media. Por esta razón existía ya una alta contaminación en el interior del reactor muy anterior al incidente de agosto del 88.

Siemens ofreció proveer un procedimiento de descontaminación, las drogas que se utilizarían y la supervisión de los trabajos. Esto fue cotizado en cerca de 185.000 €. Como respuesta Siemens recibió una nota solicitando aclaración a numerosos puntos que los especialistas argentinos consideraban que no estaban lo suficientemente aclarados como para avalar su realización.

La tarea que proponía Siemens era mayúscula porque requería extraer la totalidad de los elementos combustibles. Según su estimación se afectaría un volumen de 300 metros cúbicos y una superficie de 10.000 metros cuadrados. Además sería necesario procesar miles de litros de residuos que debían luego ser almacenados bajo las condiciones de seguridad especiales. Debía además tenerse en cuenta que el reactor tiene infinidad de recovecos, que luego de la descontaminación deberían ser cuidadosamente lavados. Para reiniciar la marcha de la central, se debía además asegurar que no quedaran zonas en las que se hubieran estancado las soluciones de descontaminación. A estos inconvenientes se sumaba el hecho que esta operación habría requerido trabajar con material radiactivo elevando la dosis radiológica colectiva.

Por último, la objeción más elemental era que hasta tanto no se introdujeran cambios en el diseño de algunas partes que eliminarían de raíz la fuente de la contaminación, ésta reaparecería al cabo de poco tiempo y todo el trabajo habría resultado inútil. Las conclusiones de los especialistas argentinos mencionaron adicionalmente, que el método sugerido por Siemens se había desarrollado para reactores de agua liviana y nunca se lo había empleado en reactores moderados con agua pesada y con contaminación de cobalto. Los técnicos locales recomendaron realizar más investigaciones en el tema.

Era cada vez más evidente – y se corrobora leyendo hoy la documentación correspondiente – la gran distancia que existía entre los sentimientos del equipo que luchaba contra el desperfecto del reactor y el de Siemens. La empresa no hacia también suya la urgencia que tenía la Argentina en poner la Central rápidamente en operaciones. La sola propuesta de condicionar su rehabilitación para volver

a generar energía eléctrica, a contar con el segundo sumidero de calor, mostraba cuán ajena estaba Siemens a la problemática que enfrentaba en ese momento.

¿Cuál podría haber sido el pensamiento que guió esa propuesta? Sin duda la perspectiva más atrayente para la empresa era prolongar sus trabajos en la central tanto como fuera posible.

Si se prolongaba lo suficiente se estaría en mejores condiciones de evitar que cualquier posible incidente menor en el futuro estuviera cubierto de acuerdo con usos y costumbres impuestos en Alemania por el TÜV[29] con un gran trabajo preventivo. Ese modelo los llevó a proponer que se removieran todas las partes sueltas del primario y del moderador sin estimar la imposibilidad de realizarlo. Sin embargo, se proponía eso sin establecer al mismo tiempo procedimientos alternativos. Esto era enteramente equivalente a indicar el desmantelamiento de ambos sistemas ya que era imposible establecer donde se encontraban todas las partes que se habían desprendido.

La presentación que había preparado la empresa para la reunión de febrero no dejaba en claro cuáles eran sus reales objetivos a ser alcanzados con su propuesta, respaldados técnicamente y estableciendo condiciones temporales que inspiraran confianza de ser alcanzadas con validez. Es posible conjeturar que Siemens deseaba ponerse a cubierto de alguna hipótesis apocalíptica siguiendo los protocolos del TÜV alemán ante la rehabilitación de la central.

En la propuesta de Siemens se mostraba un cronograma optimista que hacía posible la puesta en marcha a mediados del mes de diciembre. Sin embargo, eso se daba de bruces contra la oferta comercial que indicaba plazos de entrega de hasta 12 meses para algunos suministros. A pesar de estos hechos que inspiraban muy poca confianza para cumplir con los plazos, se analizaron todas sus ofertas: la provisión de la ingeniería y el equipamiento para el segundo sumidero de calor, la de un sistema de corte de la chapa de aislación del tanque del moderador por medio de electro-erosión, la de un sistema de succión de pequeñas partes sueltas, la de descontaminación del primario y del moderador, la de un sistema de detección de partes sueltas, la ya mencionada provisión de boquillas terminales, y muchas otras más. El análisis y asesoramiento en la descontaminación de los circuitos del primario y del moderador fueron consideradas como un servicio de asistencia a la CNA-I y por tal razón iban a ser facturadas de acuerdo al contrato de servicios.

[29] Las TÜV *(Technischer Überwachungs- Verein)* son organizaciones de auditoria técnica y certificación de calidad alemanas. También otorgan certificados de seguridad industrial para la protección de las personas. Como consultora independiente, examinan y llevan a cabo un seguimiento de plantas industriales e instalaciones eléctricas y muchos otros sistemas. Las numerosas subsidiarias de las certificadoras TÜV también pueden aparecer como certificadoras de protección medioambiental.

El valor cotizado por la provisión de los componentes fue de unos 3.694.000 € y las horas de ingeniería necesarias para las compras, el seguimiento de las mismas y las de diseño sumaban un total de 12.250 horas. Las que se podrían estimar de sumarían aproximadamente 1,3 millones de euros que debían adicionarse a los anteriores. Durante el mes de marzo de 1989 se llevaron a cabo las discusiones técnicas planeadas y se recibieron ofertas comerciales relacionadas con el equipamiento para la reparación.

El equipo argentino desestimó las partes esenciales de la propuesta de Siemens. Si se la hubiera aceptado hoy se puede estimar que no solo la fecha de disponibilidad del equipo se habría trasladado a mediados del año 90 u otra difícil de predecir, sino que además se habría instalado un equipo con partes técnicamente obsoletas. Lo positivo de esta oferta económica fue el primer reconocimiento de contemplar una bonificación en el valor económico de los trabajos, que consideró la reducción de los valores de la hora hombre para acercarse a los términos del protocolo firmado el 20 de septiembre de 1988.

A partir de estos hechos y sin que mediara una resolución explícita en ese sentido, el equipo argentino asumió la plena responsabilidad de terminar con la reparación del reactor. La conclusión real de la reunión de Febrero excedió los aspectos técnicos. Fue en los hechos la plena legitimación de todas las acciones que se habían encarado y de la conducción local de las tareas de reparación. A partir de ese momento el equipo local asumía el pleno liderazgo de las tareas de reparación.

3.6 Anatomía del percance de agosto

En el tramo final de la reparación de la CNA-I fue posible reconstruir la secuencia en que se produjo el daño.

Toda la evidencia acumulada indica que primero se rompió la conexión del tubo guía de la sonda de medición de la posición W03 con el tanque del moderador. Luego se fracturó el otro punto de conexión y todo el tubo de Zircaloy 4 quedó suelto entre los canales de combustible vecinos.

La vibración de un reactor en plena operación es muy intensa y todas las componentes se encuentran sometidas a la misma. Rotos los puntos de fijación por efecto de las vibraciones el tubo se desplazó erráticamente dentro del reactor. Sólo se puede establecer dónde quedó finalmente alojado por la característica del daño que produjo al estar en contacto con otras partes. La primera inspección mostró que el tubo guía de la sonda dejó algunas huellas por las posiciones por las que pasó para finalmente alojarse entre el canal R06 y la muy cercana aislación térmica del tanque del moderador.

Este proceso erosionó tanto el canal R06 como al elemento combustible alojado en su interior. Los esfuerzos puestos en juego sobre este conjunto no permitieron mantener su estabilidad y se fracturó en dos partes. La diferencia de presión del refrigerante respecto a la del interior del tanque del moderador es de aproximadamente unas 7 atmósferas. Eso da lugar a una fuerza sobre la boquilla terminal del canal de unos 450 Kg que expulsa a la boquilla junto con el extremo inferior del canal roto hacia el interior del tanque del moderador.

La abertura dejada permitió la entrada de un importantísimo chorro de agua de refrigeración por una abertura de 90 mm de diámetro a la presión antes mencionada. Ejerciendo una fuerza en el golpe más importante que la que tiene una manguera de bomberos. El chorro impactó sobre los componentes de los alrededores y las chapas de pequeño espesor de la aislación térmica del tanque del moderador provocando un desprendimiento de varios metros cuadrados de la misma.

Durante la operación regular de la Central se registra permanentemente la medición de parámetros funcionales del reactor. Una de las tareas arduas y que consumió tiempo y recursos fue la revisión de esos parámetros operativos con el fin de tratar de ubicar cronológicamente todos los hechos que sucedieron hasta culminar en la rotura del canal y averiguar si es que esta falla se podía prevenir. De esta tarea se encargó ENACE. Dentro del minucioso análisis surgió que durante la operación regular de la CNA-I se observaron ocasionales cambios de temperatura en la salida del agua del moderador. Hubo un leve aumento en el año 1982, otro más importante entre 1983 y 1986 y otro, de igual magnitud al de ese período, en 1987. Junto a este cambio, se observó una leve disminución del grado de quemado de los elementos combustibles. Esos cambios de temperatura habían sido investigados y

consultados con el diseñador, buscando zonas de mezclado del refrigerante con el moderador o suponiendo la existencia de fallas de otras partes del reactor. De todo el estudio realizado surgió que esos eventos ni resultaron ser fallas, ni fueron los causantes del aumento de temperatura del agua del moderador del 11 de agosto.

A pesar de lo infructuoso de este análisis en particular, la tarea de registrar todos los parámetros operativos del reactor, y tener la posibilidad de reconstruir la historia operativa de un sistema, es una labor que rinde frutos y configura la piedra basal de una cultura basada en el aseguramiento de calidad, concepto éste que es esencial a cada vez más actividades industriales que involucran alta tecnología.

Lo primero a rescatar es la importancia de tener tanta y tan variada información guardada y poder asegurar la trazabilidad de la misma para correlacionar eventos con modificaciones en los parámetros del reactor. Hay quienes piensan que esta inversión de recursos es inútil y que solo importan las acciones orientadas a que la planta se mantenga en funcionamiento. El criterio en el área nuclear es otro, pensando que ese esfuerzo es el que permite rastrear los acontecimientos, definir las causas raíz de los problemas, avanzar en el conocimiento y por lo tanto mejora la seguridad nuclear.

Entender las causas o principios que llevaron al incidente de agosto de 1988, es decir un evento no tenido en cuenta, un “cisne negro” como diría Nassim Taleb, pone en marcha mecanismos para prevenir eventos similares o mitigar las consecuencias de accidentes no previstos disminuyendo sus consecuencias.

El análisis sistémico aportó luz sobre el comportamiento de materiales de los internos del reactor y permitió desarrollar herramientas para la reparación y la modificación del diseño de reactor en construcción. Este cúmulo de conocimiento alentó, 15 años después, la finalización de la CNA-II por un grupo de especialistas locales.

El sensor del nivel de agua del moderador, alojado en el interior del tubo guía de la posición W03, falló en el año 1983. Como éste fuera cambiado en el año 1987 y había quedado funcionando normalmente, lamentablemente no se profundizaron las razones de la falla. En ese momento se pensó en la

falla eléctrica del sensor no que se podía haber roto el tubo guía que alojaba el sensor. Las fallas de los sensores ocurrían con alguna frecuencia. Tampoco es posible afirmar que el tubo estuvo casi cinco años “bailando” entre los canales.

Hubo también alguna indicación de oscilaciones en los detectores de flujo externos. Se las observaba ya desde el año 1985. Estas oscilaciones fueron siempre motivo de discusión entre los grupos de instrumentación y control y de los especialistas en neutrónica. Mientras los primeros aseguraban que los detectores funcionaban correctamente los segundos insistían que el núcleo tenía un comportamiento que no era pulsante. Pero tampoco se puede pensar que las oscilaciones observadas desde 1985 correspondían al mismo problema que las producidas cuando se rompió el canal.

El relato preciso de registros provenientes del interior del reactor no parece hoy ya más importante porque la raíz del percance de agosto estuvo en el diseño original que requirió ser modificado.

Aunque parezca irónico la falla de diseño del reactor de la CNA-I puede pensarse que se debe a la reconocida perfección alemana. Como mencionamos anteriormente la extracción de los canales en algunos casos requirió ejercer una fuerza de algunas toneladas. Esta es una indicación inequívoca que no podían desplazarse libremente como debía ser necesario para absorber la diferencia de dilatación entre las partes de acero y las de circonio. El por qué estaban trabadas las boquillas terminales tuvo una inmediata explicación mecánica. De los planos constructivos surge que el piso del tanque en cada alojamiento de las boquillas terminales tenía forma de embudo. Así toda partícula suelta dentro del tanque del moderador cuando decantara hacia ese fondo, se iría escurriendo por el embudo para alojarse en el punto de unión con la boquilla.

La diferencia de presión, que es superior en el plenum inferior, hace penetrar algo del agua refrigerante por el huelgo entre la boquilla y su alojamiento. El diseñador debe haber pensado que de esta manera se mantendría limpia toda esa zona. Pero sucede que el huelgo es muy pequeño y también actúa de filtro de las partículas en suspensión que tiene el líquido refrigerante y son arrastradas por él. Cuando las partículas son de un tamaño mayor al del huelgo quedarán retenidas en él hasta colmatarlo y suspender la circulación del líquido que supuestamente debía limpiar la unión embudo-boquilla.

En ese espíritu de perfección se parte de la hipótesis que el agua, tanto del moderador como del sistema de refrigeración, posee una pureza absoluta. La verdad es otra, impurezas imperceptibles de una décima de milímetro o menos se encuentran naturalmente en agua purificada para actuar en el reactor. Eso no fue contemplado en el diseño.

El mecanismo de bloqueo entre alojamiento y boquilla se explicó según dos vertientes. Una, la explicación mecánica, sostenía que bastaba la existencia de partículas en el embudo para que en oportunidad de las paradas frías se desplazara la boquilla hacia adentro, arrastrara esas partículas y las clavara entre ambas superficies. Otra se apoyaba en lo dicho anteriormente acerca de las partículas y el huelgo explicado su colmatado, el depósito de sustancias sólidas, la concentración salina por falta de circulación y la posterior cementación de la boquilla con su alojamiento. Esta parte cementada y fracturada fue observada en boquillas extraídas del reactor que habían requerido una alta fuerza para su extracción.

3.7 El año 1989: camino al re-arranque de la central.

El año 1989 fue pródigo en eventos. Inmediatamente después de la reunión con Siemens que se relató en la sección anterior, la Dra. Emma Pérez Ferreira comenzó a preparar el próximo cambio que se anunciaba por el panorama social imperante. En las elecciones del 14 de mayo había ganado el binomio Dr. Carlos Saúl Menem – Eduardo Duhalde que se haría cargo el 9 de julio siguiente.

Desde el momento en que asumió la presidencia de la CNEA en mayo de 1987 la Dra. Emma Pérez Ferreira creó con acuerdo del Presidente de la Nación un Consejo Consultivo para asistirla en el gobierno de la institución. El Consejo elaboró un análisis y una propuesta de organización de la CNEA que elevó a la consideración del Presidente. Una de las recomendaciones que la Dra. Pérez Ferreira implementó inmediatamente fue gestionar la derogación del decreto que modificaba lo establecido en la ley de creación de la CNEA con lo que quedaba vigente lo dispuesto en la ley original que establecía que el gobierno de la institución era ejercido por un directorio de cuatro miembros. El Consejo Consultivo cesó entonces en sus funciones en febrero de 1989 y se nombró a los integrantes del directorio que gobernaría a la CNEA de ahí en más.

Ese cambio no produjo ningún efecto en el proyecto de reparación de la CNA-I que estaba en marcha. Las autoridades de la central y los equipos técnicos continuaron en sus funciones. Para ese momento, sin embargo, el distanciamiento con la empresa Siemens era manifiesto y ella hizo saber su oposición a otras autoridades nacionales. La urgencia por las carencias del parque productor de energía continuaba presente. Ese era terreno fértil para que se instalaran versiones encontradas sobre el futuro de la central. Las presiones fueron tales que terminaron por inclinar al Presidente a tomar contacto directo con el problema y hacer un reconocimiento personal de las tareas que estaban teniendo lugar en Atucha.

En marzo el presidente Alfonsín resolvió trasladarse en el helicóptero presidencial para visitar personalmente la planta. Lo hizo acompañado por el Dr. Dan Beninson, a la sazón miembro del flamante directorio de la CNEA. El Ing Duarte supo telefónicamente de esta visita estando en Buenos Aires y partió presuroso a la central para encontrarse con la visita oficial. Recorrió en menos de una hora los 100 kilómetros que lo separaban del predio de la CNA-I. El encuentro con los visitantes pudo tener lugar sin otros tropiezos. Se abundó en explicaciones y planes de futuros trabajos y se transmitieron las últimas novedades de la reparación. La comitiva presidencial quedó satisfecha con las explicaciones. “Estos la van a terminar haciendo funcionar” fue lo que terminó diciendo, pensativo el Presidente al resto de su comitiva.

A todo esto la economía nacional estaba colapsando. En los meses de abril a julio de 1989 y en los que mediaron entre diciembre de 1989 y marzo de 1990 se dieron dos picos de hiperinflación con devaluaciones diarias de la moneda. Esos picos devoraron salarios, generaron revueltas y saqueos y llevó al adelantamiento del traspaso del poder luego de las elecciones presidenciales de 1989.

En el mes de julio asumió la presidencia de la nación el Dr. Menem. Ante el cambio en las autoridades nacionales, la Dra. Emma Pérez Ferreira y todo el directorio presentaron sus renuncias para dejar a la nueva administración con las manos libres. La presidencia de la CNEA fue ocupada por el Dr. Manuel Mondino y se reemplazó todo el directorio de la CNEA. Ninguno de estos cambios afectó ni las autoridades ni los trabajos vinculados a la CNA-I. A esta altura ya se tenía una idea precisa de los daños que

se habían producido en la central y los trabajos para repararlos estaban en franco desarrollo. El plan de trabajo era en esos momentos terminar con la limpieza de los trozos que se habían dispersado con la rotura del elemento combustible y la eliminación de sondas para evitar nuevas roturas. Estaba en camino también el rediseño de las boquillas de los canales de refrigeración y se estaban delineando tareas para completar la reparación con acciones en el corto, mediano y largo plazo.

El arranque de la planta después de una parada tan prolongada tuvo variadas aristas en las que se entrelazan lo técnico, lo político, el esfuerzo y cansancio de la gente, los temores y las certezas que rodeaban el ambiente.

El re-arranque de la central distaba de ser un paso más en todo el programa de reparaciones. Existían dudas y preocupaciones que no eran banales y que deberían ser respondidas en los últimos meses de 1989. Como se solía decir vislumbraban en esos tiempos una luz al final del túnel pero la incertidumbre era tal que muchos se preguntaban si las luces no correspondían en realidad a un expreso que los iba a atropellar.

Al igual que para cualquier parada prolongada, había que probar todos los sistemas asociados a la seguridad de la central, tanto de componentes como de detectores y señales. Había que garantizar que la limpieza realizada no alterase el caudal de refrigeración de los elementos combustibles, especialmente en un escenario de accidentes. También se debía verificar que funcionaran los sistemas de corte del reactor, de refrigeración a corto y largo plazo de acuerdo con los criterios con que fueron diseñados. Aún cuando en la central no se sentían las presiones provenientes del exterior, se percibían cambios: al final del año 1989 ya era perceptible el quite de colaboración de Siemens. De hecho, la empresa retiró toda su gente el día en que se puso a crítico el reactor.

La licencia de operación emitida por el ente regulador seguía vigente pero, como era de esperar, había que cumplir una serie de exigencias debidas específicamente al incidente de agosto del ‘88. En septiembre de 1989 se preparó el programa de pruebas y de puesta en marcha que comprendía seis etapas.

La preocupación central que se tenía para encarar el re-arranque consistía en el efecto que pudieran producir los fragmentos que no se habían podido remover del interior del recipiente de presión. La idea de la secuencia programada para el re-arranque era verificar mediante inspecciones que la cantidad y la ubicación de las piezas sueltas que habían quedado en el recipiente de presión no se hubieran modificado. Se buscaba de ese modo prevenir en cada etapa, posibles daños o una merma en la capacidad de trabajo de los sistemas. Preocupaban principalmente aquellos ligados a la seguridad.

Teniendo en cuenta la cantidad de fragmentos producidos y el hecho de no poder garantizar una limpieza absoluta, el escenario que más preocupaba era que uno o varia canales se taparan y se provocara una disminución en la refrigeración de un elemento combustible fundiéndolo. Si bien las consecuencias radiológicas al público en esa eventualidad eran nulas, un incidente de estas características habría hecho virtualmente imposible volver a arrancar la central tornando inútil todo el esfuerzo realizado en los meses pasados. Tal era la preocupación que se realizaron variados estudios teóricos y de laboratorio para caracterizar ese hipotético accidente.

De esos estudios surgió que para que se funda un elemento combustible se debía tapar aproximadamente el 70% de un canal y disminuir un 90% la refrigeración del mismo. Se analizaron muchos escenarios que podían llevar a esa situación extrema y todos eran interrogantes difíciles de responder: ¿era posible que el foil de aislamiento de los canales se desgranara descontroladamente?, ¿cuál era el máximo pedazo de foil que podía obturar el canal?, ¿el empuje de las bombas principales sería capaz de levantar piezas remanentes en el plenun inferior? ¿Qué probabilidad tenía este escenario? Si llegaba a suceder ¿se podía detectar a tiempo para tomar alguna medida? Todo el equipo tenía la sensación que se estaba jugando a un destino incierto.

Todos los análisis realizados indicaban que una vez obturado el canal, el tiempo requerido para aumentar peligrosamente las temperaturas de la vaina y el uranio del combustible era escaso. Por esta razón se implementaron variados sistemas de alerta temprana de fallas. Se propuso efectuar un seguimiento más estricto de la concentración de radiación gamma en el sistema primario, la medición precisa del esfuerzo para extraer o introducir un elemento combustible en el canal, una medición

del flujo neutrónico, etc. Estos sistemas se basan en detectar variaciones respecto a curvas patrones pero, para agregar dificultad al problema, esas curvas no existían. Había que construirlas con la operación de la central. Otra dificultad residía en que luego de remover una cantidad importante de material en el reactor no se sabía cuál era el fondo de radiación requerido para observar apartamientos. Para conocerlo había que esperar que el reactor llegue a plena potencia de manera estable.

Las partículas que circulaban podían traer también aparejado dos posibles incidentes que si bien no tenían consecuencias para la población y el medio ambiente, planteaban una situación anormal que podía dificultar la operación de la central. Una era la rotura de tubos de los generadores de vapor y la otra, una masiva rotura de las vainas de combustible. Si bien nunca se hubieran superado los límites contemplados en las regulaciones, un incremento considerable en las emisiones iba a ser un blanco de severas críticas a toda la reparación encarada.

Otro tema a vigilar fue el caudal del moderador necesario para afrontar accidentes. Éste no podía disminuir de modo apreciable. Tanto por su tamaño, como por su ubicación en el edificio y la exposición radiológica de los trabajadores, era imposible pensar en un cambio de los intercambiadores del moderador.

El sistema del moderador aporta por la recuperación calórica en sus intercambiadores aproximadamente el 5% de la potencia térmica del reactor en operación normal; pero cumple una función esencial de seguridad en la refrigeración del núcleo en escenarios accidentales, por lo cual su funcionamiento como sistema en particular y los componentes en particular debía ser garantizado de acuerdo al diseño. Las válvulas (conocidas como FIAT, por ser la empresa proveedora) de gran tamaño y que deben conmutar en formar automática ante situaciones accidentales y los intercambiadores de calor (otro equipamiento de gran tamaño) son elementos vitales del sistema de evacuación de calor residual. Era esencial garantizar que las válvulas, luego del incidente, seguían cumpliendo con su objetivo de diseño en todos los escenarios accidentales postulados en el Informe de Seguridad de la planta.

Para ello se contactó con la empresa FIAT (en Italia) para realizar un programa que consistía en:

1. Revisiones del proyecto de la CNA-I en FIAT, su implementación de diseño y estudios realizados
2. Estudiar los potenciales eventos de mal funcionamiento de las válvulas
3. Propuesta de oferta de una válvula de repuesto por parte de FIAT

En una primera etapa se programó las instrucciones de la inspección de la válvula, dado que las condiciones ambientales y de los campos de radiación son muy altas en los lugares donde están ubicadas.

En una segunda etapa las recomendaciones de inspección durante la operación normal. En una etapa posterior el ensayo sobre una válvula existente para garantizar el comportamiento de la misma, durante el período aproximado de un año o durante su vida útil.

De los ensayos se debía desprender un plan de vigilancia para las válvulas Centrales de Atucha I y II.

Ese año parecía haber convocado a todas las dificultades. A mediados de año Juan Carlos Duarte, con toda la sobrecarga de diez meses de trabajos forzados en la central, distribuyó una circular señalando su disgusto y preocupación por la fragilidad de las herramientas y procedimientos que parecían resistirse a funcionar apropiadamente. Para no ahorrar inconvenientes, regresando a su casa después de una cena con colegas fue acorralado por unos malvivientes que lo secuestraron metiéndolo en el baúl de su automóvil. Después de varias horas de incertidumbre quedó en libertad después que le hubieron robado las cuatro ruedas a su auto. El asalto nada había tenido que ver con sus preocupaciones nucleares. Logró salir del baúl removiendo el respaldo del asiento trasero del vehículo. Por suerte todo no pasó de un mal rato.

La primera de las etapas del re-arranque fue incrementar lentamente la presión verificando los sistemas que deben actuar a baja presión. Un tema era la limpieza de los sumideros del edificio del reactor y sus filtros para poder reinyectar agua en caso de accidentes de pérdida de refrigerante. Además debía comenzar a salir de su letargo todo el sistema secundario que se mantenía en espera desde el incidente de agosto del ‘88 y al que se le realizaban los mantenimientos mínimos. Esas tareas demandaron aproximadamente 15 días.

La segunda etapa fue incrementar la presión para poner en funcionamiento las bombas principales. El programa contemplaba volverlas a detener para realizar una inspección del plenum inferior y del tanque del moderador. El objetivo era ver si las partes sueltas se movían o no y que impacto podían tener en la operación.

Superadas estas dos etapas, la siguiente era tener el sistema primario a presión de trabajo y a diferentes temperaturas isotérmicas con el fin de medir las temperaturas, caudales y presiones y observar que no se daban apartamientos importantes respecto a los registros históricos. Luego se volvió a inspeccionar el tanque del moderador.

Finalmente el reactor se puso crítico y se fue elevando la potencia en escalones pasando sucesivamente por el 10, 30, 50, 90 y 100% de potencia. Este proceso demandaría unos 21 días.

Uno de los temas que preocupaba a los físicos de la central era que, debido a la cantidad de canales vacíos y al tiempo transcurrido el flujo de neutrones fuera muy bajo y no hubiera prácticamente cuentas en los detectores de flujo externo. En la central de Embalse se había arrancado con una instrumentación de alta sensibilidad. Pero para utilizar instrumental similar en la CNA-I se debían desarrollar dispositivos especiales. Las demandas de energía hacían que no se dispusiera del tiempo para ese desarrollo. Por suerte para la fecha de arranque las mediciones en los detectores superaban el fondo.

Se avecinaba el verano y era importante que la planta estuviera conectada a la red. Luego que el trabajo de reparación había concluido en noviembre de 1989, la Dirección de Centrales Nucleares solicitó la autorización para realizar el ensayo de puesta en marcha dado que todos los puntos establecidos antes de la suspensión estaban cumplidos.

La autorización se extendió por 3 meses a partir de la puesta a crítico para operar a una potencia no superior al 50%, bajo las condiciones previamente establecidas con la Autoridad Regulatoria y supervisadas por un comité ad-hoc. El incremento de potencia del 30% al 50% requería el consentimiento adicional de la Autoridad Regulatoria.

Los 20 puntos establecidos por el ente Regulador contenían gran cantidad de condicionantes referidos a situaciones operativas, a la detección de anomalías funcionales, a lecturas que reflejaran cambios así como a la situación de material que todavía no hubiera sido eliminado del reactor. Fue también mandatorio un seguimiento por medio de inspección visual en toda ocasión que se realizara una parada a temperatura ambiente (aproximadamente 50 °C). El caudal mínimo de refrigeración de los intercambiadores de calor del moderador fue fijado como límite operacional, también se incluyó la inspección de la totalidad de los elementos combustibles salientes del reactor considerando que esto era un elemento útil para la detección de daño en los canales. Los generadores eléctricos del sistema de refrigeración de emergencia debían estar todos operativos y debía implementarse un programa de entrenamiento especial de los operadores. Se establecían además otras muchas condiciones especiales como para realizar el ensayo de operación. Este documento lleva la firma del Gerente de Licenciamiento Dr. R Touzet y del Presidente de la Autoridad Regulatoria Dr. Dan Beninson en la fecha del 5 de enero de 1990.

El 7 de enero de 1990 se introdujo en el reactor el último combustible para lograr una configuración mínima prevista de canales vacíos. El lunes 8 el reactor se puso crítico. Se había propuesto medir a muy baja potencia la efectividad de las barras de control y de corte y compararla con los cálculos para demostrar que el sistema de parada del reactor funcionaba eficientemente. Todo salió según lo estimado. La reparación había culminado exitosamente. A partir de ese momento, la CNA-I volvió a formar parte de la red interconectada nacional.

Un elemento nuevo respecto de un arranque luego de una prolongada parada de mantenimiento, fue la creación de un comité ad-hoc por la Dirección de Centrales Nucleares. Tenía como objetivo realizar un seguimiento de las acciones derivadas del incidente de agosto de 1988 y la respuesta de la planta a las diferentes pruebas, observando especialmente que se cumplieran los requerimientos regulatorios. Era un grupo de apoyo al Comité Interno Asesor de Seguridad (que informa al Gerente de la Planta) y al Comité de Revisión Técnica que da soporte técnico al Gerente General. El comité se encontraba formado por ocho miembros permanentes, cuatro de la DCN entre los que se encontraba el delegado del gerente de Atucha; el ingeniero Guala. Tres profesionales eran de la Dirección de In-

vestigación y Desarrollo y uno de ENACE. El Dr. Maroto, a la sazón jefe del departamento de Química de Reactores, era su secretario.

El comité tuvo 19 reuniones, la primera a mediados de noviembre de 1989 y la última el día 9 de enero de 1990, dos días después de la criticidad. Un actor particularmente relevante en este proceso fue el ente regulador. En esos años el ente regulador no era un organismo independiente y pertenecía a CNEA. Su nombre era CALIN, acrónimo por **C**onsejo **A**sesor para el **L**icenciamiento de **I**nstalaciones **N**ucleares. Participaba de las reuniones del GAAG y tenía sus inspectores que controlaban la actividad diariamente, observaban los trabajos y seguían los pasos de la reparación. A mediados del año 89 ya emitían documentos pidiendo requerimiento para un arranque. Al habitual pedido de seguimiento del comportamiento de la vasija del reactor se pedían estudios para comprender el comportamiento de los canales, el comportamiento de las sondas, las medidas implementadas para alertar y/o mitigar escenarios como los acontecidos un año antes.

3.8 La Misión de OIEA

Toda instalación nuclear necesita para operar la autorización de un ente especial. La puesta en marcha después de las reparaciones efectuadas en 1989 debía contar con la autorización de la organización nacional reguladora de la seguridad nuclear (CALIN). Dicha autorización se basaba fundamentalmente en que se hubiera verificado el cumplimiento de las condiciones indicadas previamente para permitir el re-arranque de la Planta.

Si bien esa acción era de orden nacional, CNEA quiso poner también en manos de un organismo internacional el análisis del incidente y las tareas reparadoras ejecutadas en la Central, con relación a su futura operación. La Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA), creada por la Organización de las Naciones Unidas, es quien analiza y recomienda sobre todos los aspectos de la seguridad nuclear. De esta forma se centralizan todos los aspectos de la seguridad nuclear en toda la comunidad internacional. Realiza además recomendaciones con el objeto de minimizar el riesgo en la operación de las instalaciones.

La CNEA solicitó a la OIEA que revisara todo lo sucedido así como las acciones correctivas llevadas a cabo y las programadas para después del re-arranque, asistiéndola en su esfuerzo para operar la CNA-I en forma segura. Un análisis exhaustivo de este tipo realizado por especialistas extranjeros, y coordinado por la mayor autoridad en seguridad nuclear en el mundo constituía la validación más exigente de las tareas realizadas y era, al mismo tiempo, el asesoramiento más confiable que se podía concebir.

La CNEA solicitó esta misión para tener una visión independiente de lo acontecido, con el mismo estándar de seguridad internacional que aplica la Autoridad Licenciante. La Misión se realizó entre los días 25 de marzo y 5 de abril de 1990, contando con especialistas de distintas áreas y países provenientes de Alemania, Canadá, Estados Unidos y Francia. La coordinación del equipo la realizaba el Dr. Lederman, un especialista de la OIEA.

La gestión que dio origen a esta misión fue la del Dr. Dan Beninson, que en su condición de autoridad internacionalmente reconocida halló una buena respuesta en la OIEA. Evidentemente la elección de los especialistas estuvo preparada para cubrir tanto los aspectos ingenieriles como los operativos. El mejor ejemplo de esto es la participación del especialista de Alemania que había conducido la operación del reactor MZFR, el prototipo de la central Atucha I.

El trabajo de la Misión en Argentina dio lugar a una maratónica sesión de reuniones de consulta, explicaciones e intercambio entre los especialistas extranjeros y los de la CNEA. La contraparte Argentina, que actualmente es la Autoridad Regulatoria Nuclear, lideraba la relación con la Misión y tenía a su disposición toda la asistencia técnica de profesionales de otras áreas de CNEA.

La delegación de OIEA había planificado trabajar estudiando los detalles del evento de agosto de 1988 con los antecedentes del mismo, las inspecciones realizadas para describir su alcance, las acciones posteriores de reparación con la limpieza asociada, el reemplazo de las partes dañadas, la autorización para la nueva puesta en marcha, las condiciones de seguridad y las acciones programadas para el mediano y el largo plazo.

Tan pronto como empezaron las reuniones el Ing. Pablo Zanni Jefe del Departamento de Ingeniería de la Central entregó a la delegación un par de cajas conteniendo el material escrito en el que se había volcado los informes de estudios, cálculos, análisis parciales y generales del evento y de todo el proceso de la reparación. Las cajas contenían 240 informes que el Ing. Zanni había clasificado y archivado cuidadosamente. Esta enorme cantidad de información dio lugar a un comentario especial en el informe final de la Delegación que en un apéndice transcribieron sus títulos y autores.

La delegación de OIEA tenía una alta responsabilidad al analizar desde el punto de vista nuclear lo sucedido y lo realizado por CNEA para el re-arranque del reactor. Tomar conocimiento de todo lo ocurrido, las medidas tomadas enfrentando el incidente de pérdida de reactividad, el origen del mismo, las reparaciones, el cumplimiento de las condiciones impuesta por la autoridad licenciante y la nueva puesta en marcha era una gran tarea a realizar en un breve tiempo.

En los múltiples comentarios del informe final – cada punto cerraba con uno de éstos – muestran como el tiempo que disponían para estudiarlos hacía necesaria una explicación en diálogo con los expertos que complementara la información recibida en los documentos entregados. Esta necesidad es reflejada en varias partes del informe siendo una de ellas la que se puede ver en el punto 6 sobre los requerimientos regulatorios para el arranque.

Dice que la falta de un documento integrado similar a un informe de análisis de seguridad hacia más difícil la revisión. Reuniones diarias con grupos de especialista de CNEA, consultando y analizando las respuestas, seleccionando y analizando el material de los informes entregados demandó una intensa actividad tanto a los extranjeros como a los argentinos.

Si bien el informe de la OIEA no se esperaba que fuera vinculante, su contenido iba a ser leído en el ámbito nuclear internacional con especial interés. Se trataba de un incidente no contemplado por el diseño y cuya reparación había sido doméstica. Además lo que decía la prensa en el ámbito nacional e internacional aseguraba una amplia repercusión que excedía lo técnico. La prensa había recibido el tema con especial interés y con un alto grado de desinformación magnificado por la cercanía del accidente dantesco de la central de Chernobyl que había motivado un dramático debate. No se puede

dejar de remarcar la pública, explicita posición internacional adoptada por Siemens oponiéndose al re-arranque de la Planta.

Todos esos componentes estaban presentes cuando la Misión de la OIEA comenzó a trabajar en la sala de situación de la Av. Del Libertador 8250 Sede de CNEA y luego en el piso 14 del Edificio Arribeños 3619 sede del DCN. Luego de la reunión de bienvenida se estableció el plan definitivo de tareas. Se considerarían los siguientes temas: Descripción del evento de 1988, acciones posteriores al mismo, limpieza y recuperación de la instalación, análisis del evento, requerimientos regulatorios para la puesta en marcha, el programa de medio y largo alcance y las recomendaciones finales. Los expertos convocados por OIEA realizaron el trabajo y sus conclusiones se volcaron en un primer borrador de informe.

Las reuniones requirieron la participación de distintos especialistas que, en algunos casos, mantuvieron la presencia en forma permanente y, en otros, de acuerdo con su especialidad y el tema tratado. Un total de 24 especialistas de CNEA fueron convocados para explicar o responder a las consultas de los expertos de OIEA. Durante 9 días se mantuvo la actividad en la mañana y en la tarde. En dos de ellos se realizó una visita a la CNA-I y al Centro Atómico Ezeiza.

Las consultas o preguntas eran tratadas en la mayoría de los casos en forma verbal, en idioma inglés, y dado que la mayoría del material entregado se encontraba en idioma español su contenido debía ser explicado. Frente a la imposibilidad de ser verificado directamente por los expertos de OIEA. CNEA designó un traductor disponible permanente, familiarizado con los términos nucleares para proveer esa facilidad sobre los informes en idioma español. No dejaron de existir interesantes modalidades en la relación de trabajo: cuando una explicación no resultaba obviamente clara, en particular con el representante de EEUU, él la repetía con sus propias palabras tal como la había entendido. Si bien quedaba justificado de manera simpática por cuestiones idiomáticas, también se aseguraba de esta manera la inexistencia de ambigüedades.

El informe final describe los antecedentes de cada sector, de su planificación y luego contiene un comentario propio. Comienza describiendo todos los elementos que podrían haber tenido relación

o ser precursores del evento del 11 de agosto. Esto es comentado por el grupo OIEA diciendo que el personal nacional reconocía que si se hubiera insistido en buscar las causas de los registros anómalos no se hubiera dado lugar al importante daño producido.

Si bien eso es correcto, sólo puede ser realista, objetivamente, la falta de una inspección visual del sensor de medición de nivel fallado en 1987, fecha en que fue remplazado por uno nuevo. También podría haber anticipado la falla la inspección del elemento combustible saliente del canal R06 tres días antes del 11 de agosto, pero ello no estaba en los protocolos de operación. La simple visión del elemento combustible habría hecho detener la central de inmediato. Hay que recordar aquí que esa no fue una omisión de una inspección de rutina: las directivas operacionales no señalaban bajo ninguna circunstancia la existencia de algún elemento que hiciera necesaria la inspección de elementos combustibles salientes del reactor. Llevar a cabo esa inspección hubiera sido para el operador la respuesta a una inquietud de los grupos de desarrollo. A tal punto ése era el caso que la inspección de los canales, fue una acción solicitada dos años antes del incidente justificada por una razón que nada tenía que ver con la seguridad de la Central.

Este punto termina comentando la importancia de mantener un alto grado de alerta y sensibilidad sobre cualquier cambio inesperado observado en la reactividad o en otros parámetros de la planta. También recalca la importancia de mantener activo sobre esos puntos el régimen de entrenamiento del personal, de la dirección y de los procedimientos operativos.

El análisis realizado por los expertos de OIEA respecto al evento ocurrido el 11 de agosto, las verificaciones de seguridad realizadas luego de la perdida de potencia de ese día y el retorno a la condición operativa el día 13, merecieron un comentario crítico por parte de los mismos. El comentario se centró en que no debía haberse llevado el reactor el día 13 a una condición operativa sin haber determinado previamente la causa que dio lugar a la perdida.

Una observación minuciosa de la temperatura del moderador durante el evento de pérdida de reactividad del 11 de agosto, lleva a determinar que su aumento en 5°C da lugar a una reducción rápida de la potencia de 100% a 50%. La respuesta de los especialistas de CNEA fue que observar tal cambio

cuando simultáneamente sale la turbina de operación, enmascara los efectos. Se puede así explicar que esta circunstancia no permitió focalizar la atención en la pérdida de potencia por el mezclado del refrigerante y el moderador.

El informe recorre luego minuciosamente todos los aspectos técnicos de las inspecciones, las reparaciones, la limpieza, el diseño y fabricación de dispositivos y herramientas, el entrenamiento en el simulador para adquirir la habilidad de operar en forma remota, la organización y el trabajo de los estudios complementarios en otras disciplinas para aclarar el incidente en toda su extensión.

Dado que el plan de reparación contemplaba acciones inmediatas y otras de mediano y largo plazo la misión incluyó en su análisis estas últimas como parte del conjunto de acciones que tendían a reestablecer en forma segura la operatividad de la Planta.

El análisis especializado estuvo orientado hacia las condiciones establecidas por la autoridad regulatoria para re-arrancar la Central. En el momento de la visita de la Misión, la Central se encontraba operando bajo una licencia provisoria válida por 3 meses, basada en la otorgada en abril de 1988 y extendida por una resolución de la presidencia de CNEA el 20 de julio de ese año que luego fue suspendida el 20 de octubre de 1988 por el incidente del 11 de agosto.

La gran mayoría de los comentarios de la Misión fueron compartidos y discutidos en las reuniones de expertos, reforzando el pensamiento local acerca de cómo actuar durante este periodo de prueba y de las acciones futuras. El resumen de sus conclusiones fue volcado en el apartado de recomendaciones y representó una objetiva y sincera opinión sobre lo realizado por CNEA. El informe concluye diciendo:

“Hubo una serie de acciones y proyectos que el personal de Atucha I había tomado o estaban tomando que impresionó positivamente a la misión, y tomar conocimiento de éstos podría beneficiar a la comunidad nuclear internacional. La más importante fue el éxito de la planificación y eficiente organización y ejecución asociado a la inspección y la recuperación de un muy difícil evento para el cual no había experiencia internacional y que se ha producido en un reactor único.”

La misión reconoció la respuesta oportuna y la alta calidad del trabajo llevado a cabo por los especialistas argentinos para identificar las causas del accidente, la organización y los aspectos técnicos de las actividades en la limpieza y la recuperación de Atucha I. Esos esfuerzos son particularmente notables teniendo en cuenta las características específicas del diseño de la planta y las condiciones para el trabajo de reparación.

La CNA-I ha funcionado regularmente desde su re-arranque en 1990 hasta la fecha sin ningún inconveniente.

Capítulo IV

4. CONCLUSIONES

4.1 Las negociaciones y la toma de decisiones

La solución al problema planteado con la falla del reactor de la CNA I exigió una firme capacidad negociadora. Los términos de los intercambios que tuvieron lugar entre la CNEA y la empresa Siemens fueron posibles solamente gracias a un profundo conocimiento técnico del problema y de sus eventuales soluciones. Existió una sólida capacidad de análisis para desechar o posponer acciones que tenían fuertes implicancias técnicas.

El trámite de la reparación necesitó en diversas oportunidades del apoyo y comprensión del Poder Ejecutivo y autoridades del Gabinete Nacional. En ningún momento estas instancias ejercieron ninguna presión para encaminar las acciones en alguna dirección particular. El intercambio de información y de iniciativas entre la presidencia de CNEA y esas autoridades respetó en todo momento la idoneidad técnica de la CNEA. Ello fue posible, entre otras causas por la relación personal de respeto, afecto y confianza que había merecido la Dra. Emma Pérez Ferreira por parte del Presidente de la Nación. Luego del cambio de gobierno en julio de 1989 esa relación no requirió ser revalidada porque las tareas estaban ya muy avanzadas y se vislumbraba el final.

Durante el transcurso de todo el incidente existió tanto una singular y espontánea coincidencia entre las visiones de la conducción de la CNEA y la de los grupos técnicos que participaron. En todo momento prevaleció una mutua confianza para asumir riesgos, facilitada además por un activo flujo de información y el respeto que merecieron todas las opiniones.

Una conclusión interesante que puede extraerse de la crónica de esta reparación es que no necesariamente un proyecto de este nivel de complejidad y costo surge de alguna decisión concreta y específica

tomada en algún momento preciso. Muy a menudo se escucha que ciertas acciones deben emanar de un acto en que se manifieste una firme decisión optando por una de varias alternativas desafiantes. Si se repasa la cronología de la reparación de la CNA I, se podrá advertir que este proyecto no se desarrolló así. No existió ninguna instancia en la que formalmente se decidiera por la alternativa que en definitiva se adoptó. Ella se fue plasmando, en cambio, a partir de un cúmulo de pequeñas decisiones coyunturales, casi todas ellas forzadas por las circunstancias y que condujeron a proceder como se terminó haciendo.

Es muy probable que esa morosidad en explicitar una decisión formal se haya debido a que durante mucho tiempo se avanzó a tientas y sólo muy tardíamente se tuvo una visión precisa de lo que en verdad había sucedido en la central. Sin embargo es de destacar, una actitud generalizada en todo el personal buscando un resultado positivo en la solución de cada problema que se presentaba y con el único objetivo que la Central esté nuevamente operativa. Es muy factible que si se hubiera motivado, en una etapa temprana del problema, un acto formal para forzar la toma de una decisión respecto a la solución del problema ésta habría debido ser muy diferente de la que en definitiva se puso en práctica.

Hubo en verdad otras decisiones muy anteriores al incidente que proveyeron un marco propicio para que se procediera como se hizo. En este sentido estimamos esencial la iniciativa de impulsar la producción de energía por medio de un reactor nuclear de potencia utilizando esa inversión para capitalizar experiencia y conocimientos tecnológicos. La proporción de integración nacional que se logró en esa obra fue la que generó el conocimiento que sirvió para apoyar todas las decisiones que se tomaron durante la reparación de la CNA I.

Consideramos que otro elemento que contribuyó positivamente fue la coexistencia de diversas culturas tecnológicas dentro de la CNEA. Allí convivían grupos de profesionales orientados a la atención y al modo de funcionamiento de los equipos de infraestructura y otros motivados por su operación y aprovechamiento. Los segundos están orientados a la prestación eficiente de un servicio mientras que los primeros están más sesgados a la investigación especulativa.

Ante el acontecimiento de una alarma ambos grupos están animados de preocupaciones diferentes: unos tratan de investigar las causas del inconveniente mientras que el otro busca la manera más pronta y expedita para resolver el problema y seguir brindando el servicio. El primero no titubea buscar soluciones ensayando caminos inexplorados mientras que el segundo impone los tiempos y exige determinados niveles de calidad en las prestaciones del servicio. Solamente si existe un diálogo fluido entre ambas culturas se puede producir la sinergia que tuvo lugar durante la reparación de la CNA I.

Durante toda la reparación hubo muchos desencuentros entre la CNEA y sus técnicos y la empresa Siemens. Buena parte delos mismos se debieron a los diferentes roles que cumplían ambas partes. Mientras que la CNEA se sentía responsable de la provisión de energía, las acciones de Siemens correspondían a lo que debe hacer una empresa cuya supervivencia depende de lo que lucre con sus actividades. Por momentos los técnicos locales se sentía ofendidos porque su contraparte alemana no se comportaba con un altruismo que no le correspondía. La firmeza en las negociaciones que mantuvieron ambas partes condujo en definitiva a consolidar una relación de mutuo respeto.

4.2 El contexto

Las condiciones que imponía el contexto a las actividades de la CNEA en general y a la reparación del reactor en particular no eran sencillas. A juzgar por los resultados es dable concluir que muchas veces para acometer proyectos desafiantes el activo importante es más la coherencia interna que las condiciones que impone el contexto. Sorprendentemente, la inestabilidad del contexto social no impidió el desarrollo de las gestiones y hasta es posible que haya ayudado a afianzar la coherencia entre los actores. Todo el episodio transitó por un estrecho sendero limitado por diversos factores que pueden resumirse en

i. El entorno social del país era caótico: había reclamos gremiales de intensidad desmesurada que llegaron a plantear varias huelgas generales durante toda la reparación de la Central. Al mismo tiempo la paz social estaba comprometida de cara a las elecciones nacionales del año siguiente en las que se elegía un nuevo poder ejecutivo.

ii. Se había instalado una vez más la tradición en el uso político malicioso de errores en la gestión de la cosa pública. Se tendía a exagerar la gravedad de algunos problemas como argumento para desacreditar cualquier conducción política.

iii. La situación económica imponía serias limitaciones en la disponibilidad de recursos, sumado a esto existía una fuerte inflación que desembocaría en los conocidos episodios de hiperinflación de 1989 y 1990;

iv. Algunos sectores de la sociedad cuestionaban las actividades nucleares en general y la CNEA en particular. Ésta era vista como una prolongación de las actividades de la dictadura militar preexistente

v. A todos estos elementos se debe sumar la presión derivada de los intereses económicos de grupos multinacionales.

vi. La relación previa con la empresa Siemens le permitía hacer uso de ella para la concreción de un negocio lucrativo que era inaceptable para el país. En gran medida esta presión fue la principal motivación de que la CNEA decidiera repararla por propia cuenta.

vii. Es muy posible que en 1988 la empresa Siemens ya estuviera trabajando en la decisión de desvincularse del área nuclear. Hay indicios de ello como el traslado de recursos humanos del área nuclear a Francia en los inicios de lo que fue luego la sociedad con AREVA y la pérdida de personal capacitado en el área. Esto podría explicar su desinterés en involucrarse profundamente en la reparación de la Central.

La urgencia del problema que se enfrentaba proveyó un microclima que mantuvo a los grupos de trabajo bastante al margen de estas externalidades. La crisis energética vigente y la poca simpatía que merecían las actividades nucleares crearon una coyuntura que podía conducir a un final desafortunado. La adopción de soluciones prolongadas, profundas y costosas, habría dado lugar a una dura crítica al uso de la alternativa nuclear para la producción de energía. Al mismo tiempo, cualquier inacción que condujera a la falla total en la producción de energía para el sistema interconectado,

habría puesto en serio trance la propia supervivencia de las actividades nucleares. En ningún momento los principales actores de la reparación de la central fueron conscientes de los riesgos futuros posibles que se estaban insinuando.

El final desafortunado hubiera sido una central definitivamente parada teniendo que ser desmantelada con un costo enorme. Sin embargo la Central reparada siguió generando electricidad y en los siguientes 27 años produjo 64.450.000 MWh. Esa cantidad a los precios actuales de la energía eléctrica mayorista (50 US$/MWh) representan 3.200 millones de U$S.

Lo que hubiera pasado con la central Atucha II es fácil imaginar; a la luz de los siguientes 17 años de inactividad en obra.

4.3 Balance

Superar el trance del diagnóstico y de la reparación del reactor implicó el manejo apropiado y profesional de muchos y diversos aspectos tecnológicos y de gestión que en esos momentos estaban en la frontera del conocimiento mundial. Se los encaró y resolvió con entera satisfacción y cumpliendo con el compromiso en tiempo y forma.

Pasado el incidente y habiéndose comprobado lo satisfactorio de la reparación habría cabido algún balance del episodio desde el punto de vista del enriquecimiento del acervo tecnológico y de las posibilidades que este hecho ofrecía tanto a nivel institucional como nacional. Al final de las reparaciones no prosperó la intención de aprovechar específicamente esos conocimientos.

En aquel balance se debió aprovechar que siempre existe una rendija explorable en la demanda de servicios especiales en el mercado internacional. A pesar que para ello uno tiene que estar preparado para una agresiva lucha en ese mercado.

Para ello se podrían haberse contabilizado al menos los siguientes aspectos:

i. el dominio de la gestión y de la negociación involucrados en una reparación de gran magnitud,

ii. el conocimiento y la capacidad de diagnóstico de fallas que le da su condición de operador en centrales nucleares y

iii. La capacidad para diseñar, fabricar y operar un tipo de herramientas altamente especializadas.

Quizás esa capacidad se diluyó al buscar CNEA una comercialización de recursos extremadamente amplia de sus capacidades, cuando creó una Gerencia de Área con este propósito.

Aquello tampoco sucedió, salvo alguna acción puntual, en el seno de las instituciones vinculadas al problema energético, industrial o empresario.

El enfoque de la política económica durante los años posteriores ofrece un elemento más del desaprovechamiento de la experiencia recogida durante la reparación de la CNA-I. Los años que siguieron estuvieron dominados por una intensa campaña de achicamiento del sector público a través de la privatización de actividades hasta ese momento reservadas al estado. En ese marco no cabía un plan para el aprovechamiento de destrezas acumuladas por técnicos del sector público. La fuerza de esa tendencia hizo que no solamente la política nacional discurriera por esos cauces sino que tampoco la iniciativa privada encarara la posibilidad de aprovechar las enseñanzas de la reparación de la CNA I.

El panorama energético nacional también postergaba el desarrollo nucleoeléctrico. En esos momentos en Argentina se entendía que se contaba con tal abundancia de reservas de gas natural que se imponía la estrategia del abastecimiento eléctrico descansando en el uso intensivo de ese recurso. Adicionalmente prevalecía una tendencia internacional de evitar el uso de energía nuclear. Esta tendencia recién comenzó a revertirse hacia el final de la década cuando se prestó atención al potencial daño climático derivado de su aporte de anhídrido carbónico a la atmósfera. Por otra parte, en nuestro país, la producción de energía nucleoeléctrica competía con fuertes desventajas por su alto precio y demanda de capital.

Hubo con todo un aprovechamiento parcial del esfuerzo de desarrollo realizado durante la reparación de la CNA-I. Este estuvo en INVAP SE. Esta empresa agregó esa experiencia a la suya mostrando

siempre una gran habilidad de gestión al reorientar sus prioridades hacia áreas de conocimiento intensivo, como es el sector espacial manteniendo así su razón de ser como empresa de tecnología.

EPÍLOGO

Una vez que se alcanzó la meta de poner operativo el reactor se hizo notable la tendencia a posponer los trabajos restantes. Como la central estaba produciendo nuevamente energía para el sistema interconectado se produjo naturalmente una cierta priorización de los recursos dedicados a la operación. Sin embargo se siguió con todo trabajando en las medidas que se habían establecido para el mediano y largo plazo. La planificación y ejecución de las obras para mejorar la seguridad nuclear de la CNA-I continuaron por un largo periodo hasta completar todo lo proyectado para ese fin.

Paralelamente la CNA-II, de idéntico diseño, que estaba en construcción, poseía, repetidos, los errores de diseño encontrados en la CNA-I. En consecuencia las actividades pendientes no se limitaban a completar la reparación de la CNA-I sino que, después de precisar las causas del incidente de agosto del ’88, era además necesario aplicar todo lo que se había aprendido modificando la nueva central. Si bien ambas tareas comenzaron inmediatamente, las modificaciones de la CNA-II debían ser encaradas contractualmente porque la responsabilidad del diseño de esta central estaba exclusivamente en manos de Siemens.

Una actividad conjunta con Siemens para determinar las causas de los problemas encontrados en la CNA-I se inició a fines del año 1990. Esto dio comienzo a una larga serie de reuniones para establecer con el mejor grado de precisión cuáles habían sido los errores de diseño en la CNA-I. Se trataba de definir por un lado, metalúrgicamente el comportamiento del material de los canales en servicio después de 14 años de funcionamiento en la central y cuál era el que se debería esperar hasta el fin de su vida útil, tanto desde el punto de vista dimensional como frente a la corrosión y las causas del atascamiento de las boquillas terminales. Las tareas se realizaban en el marco de un acuerdo de trabajo establecido formalmente con Siemens. En esta colaboración la mayor parte de la actividad de laboratorio se realizaba en CNEA. El material a estudiar era radiactivo y su transporte e ingreso a Alemania era excesivamente engorroso.

El daño del material era fácil de definir sobre la base de las muchas evidencias que se habían acumulado de las inspecciones y en los primeros ensayos de laboratorio. No resultó en cambio tan sencilla la predicción del comportamiento futuro. El error sobre el alargamiento del canal por el crecimiento por la irradiación neutrónica, aceptado como tal desde un primer momento, tenía una solución simple: incrementar la distancia inicial entre la boquilla terminal del canal y su alojamiento en el "plenum" inferior. La determinación del grado de oxidación y absorción de deuterio que adquiriría el material en los 40 años de vida que debía permanecer en el seno del reactor, llevó en cambio una infinidad de discusiones y consumió mucho tiempo.

Ya se sabía que para la CNA-II Siemens debía hacer algo por su cuenta. Por eso la gente del Proyecto rápidamente sintió un cierto alivio cuando Siemens le informó que tenían una nueva aleación para fabricar los canales. Muy pronto, cuando los especialistas en corrosión analizaron la composición de ese nuevo material, encontraron que se trataba de la misma aleación original, Zircaloy 4, con una especificación que limitaba el contenido de uno de sus componentes a su valor inferior. Aunque esta aleación, destinada a funcionar en medios aparentemente muy exigidos, nunca había sido probada permaneciendo en el seno de un reactor por periodos tan prolongados como los requeridos para la CNA-II, ésa fue la primer solución a ser contemplada.

Siemens comprendió rápidamente que algunos internos del reactor de la CNA-II debían ser reemplazados y otros modificados. Para corregir las fallas de diseño encontradas en la CNA-I los canales debían ser reemplazados en su totalidad y además, debía modificarse su forma de instalación dentro del tanque del moderador.

Fueron necesarias largas discusiones técnicas para acercar posiciones sobre el material de los canales. Era difícil ponerse de acuerdo contando sólo con el antecedente de lo investigado en la CNA-I y poseyendo datos de un material similar al original que sólo garantizaba un tercio de la vida esperada del reactor.

Siemens propuso entregar un juego nuevo de canales, suplementario al que ya se había entregado, señalando que así se contaría con dos disponibles para el funcionamiento de toda la vida de la Central.

Todo esto dio lugar a la posterior firma de la enmienda N° 134/33 al contrato de suministros, que se firmó el 17 de noviembre de 1992.

Puesta nuevamente en funcionamiento CNA-I, se debía comenzar inmediatamente con el plan de trabajo que se había proyectado para reemplazar todos los canales eliminando la contaminación producida por el cobalto-60 que provenía del recubrimiento de "stellite" de las boquillas terminales. Guiados por la misma idea usada para proveer canales de repuesto durante la reparación, el plan de CNEA fue usar el primer juego de canales entregados para la CNA-II con las correspondientes adaptaciones. Para ese fin era necesario rediseñar la boquilla, tenía que contemplar una solución para el embudo del "plenum" inferior donde entraba el canal. Se realizaron varios diseños conceptuales que fueron enviados a Siemens para su análisis. Esta empresa eligió uno y se le contrató la ingeniería de detalle y los ensayos de validación.

Este diseño contaba con un collar que se desplazaba sobre el cuerpo de la boquilla terminal y que estaba pensado para que se apoyara sobre el mencionado embudo del "plenum" inferior, sellando así la posible entrada de partículas. Ese collar debía ser mantenido bajo presión en el embudo para permitir el libre desplazamiento de la boquilla durante las paradas frías o cuando la longitud del canal cambiara por crecimiento por irradiación. Se propuso ensamblar collar y boquilla por medio de un gran resorte de "inconel".

Este diseño no resultó nada simpático al gerente de la central. Sin embargo, después de varios argumentos para que confiara en él, se persuadió de aceptarlo. Para ello se le resaltó la analogía con los resortes instalados en los tubos guia de los mecanismos de control del reactor CANDU. En una parada de febrero de 1992 se instaló el primer canal de prueba con el nuevo diseño de boquilla. En él se utilizó un recubrimiento duro libre de cobalto denominado LC1C.

Al siguiente año se dispuso la contratación de la modificación de 250 canales a partir de la primera entrega hecha por Siemens en el año 1985 para la CNA-II. Su utilización había sido cuestionada por esa empresa, aludiendo que su exportación había sido hecha para ser utilizada en esa Central. Siem-

pre quedó comprendida dentro de la suspicacia comercial la sospecha de que se buscaba entorpecer la acción para que fueran ellos quienes proveyeran ese nuevo juego de canales.

El recambio progresivo de estos canales en la CNA-I fue programado, junto a otras acciones de corrección de los internos del reactor, para las futuras paradas programadas de la central. Se comenzó la tarea, después de hacer una presentación a la Autoridad Licenciante de una modificación de la instalación, que comprendía a 50 canales.

Aun cuando la enmienda de los internos del reactor de la central CNA-II en construcción se encontraba firmada y era responsabilidad de Siemens realizar los trabajos de reparación de los componentes, el diseño de sus canales no estaba congelado. Cada canal poseía un sistema de aislamiento separando térmicamente el refrigerante del moderador. Sin embargo lo que se había encontrado en el idéntico sistema de los canales de la CNA-I, revelaba, claramente, que tal diseño no soportaría ni siquiera un tercio de la vida de la central. Esto dio lugar a diferentes propuestas de solución, en alguna de ellas se proponía eliminar totalmente el aislamiento. Si bien esto implicaba solo un aumento de la cantidad de calor que debía eliminarse para mantener la temperatura del moderador en el valor de diseño, el gradiente térmico que se producía en la pared del tubo central del canal indicaba la posible formación de ampollas de hidruros de circonio. Éste era un problema muy conocido por los técnicos argentinos, ya que en la central Embalse se requería un seguimiento muy estricto de los tubos de presión por esta causa. La propuesta fue descartada.

Con la amplia experiencia sobre el comportamiento de los tubos de presión de las centrales CANDU y sobre la base de un cambio en la aleación de circonio, hubo una propuesta de hacerlos con el mismo material. Además la propuesta indicaba el cambio, de usar un solo tubo de aislamiento de mayor espesor para minimizar el contenido de deuterio que se disolvería en el mismo por efecto de la corrosión. La propuesta llegó a Siemens y el cambio de aleación no fue aceptado, sin embargo sí se adoptó el uso de un solo tubo de aislamiento de mayor espesor. Esto terminó de definir el diseño básico del nuevo canal de refrigeración para la central.

Finalmente Siemens envió los 500 canales que establecía la enmienda 134/33 y realizó todas las modificaciones de los internos del reactor. Quedaba pendiente la demostración de sanidad de los canales durante toda su vida en la central.

¿Cuánto le costó a Siemens el cumplimiento de esta enmienda? Resulta muy difícil saberlo, sólo se puede estimar basándose en una cotización que le realizara a ENACE el 30 de septiembre de 1988 por canales de repuesto. El valor FOB por cada canal era de 66.914 dólares. Esto representa, sólo por los 500 canales de la enmienda, unos 33,5 millones de dólares. Por supuesto que éste no habría sido el costo para Siemens pero, sumados a todos los demás gastos en que incurrió para el cumplimiento de la enmienda, se puede estimar que Siemens podría haber enfrentado un gasto de entre 20 y 25 millones de dólares.

Se ha dado una curiosa voltereta del destino por la cual actualmente se encuentra bajo análisis una provisión de repuestos para la Central fabricados en una aleación similar a la que se sugirió 23 años atrás. Hasta podría resultar, finalmente, siendo la misma.

Los años siguieron pasando y como las obras de la CNA-II no encaraban su terminación, el tema del contenido de deuterio en los canales tuvo una segunda oportunidad de tener algún protagonismo. En 2002 Siemens reclamó el pago de los 180 millones de marcos retenidos como fondo de garantía por los suministros realizados, porque entendía que la central no se terminaría nunca. La demanda hecha ante la Corte Internacional de Arbitraje de la Cámara de Comercio Internacional sesionó en Buenos Aires ese mismo año y entre los argumentos presentados por la Procuración del Tesoro Nacional se incluyó la incertidumbre sobre la vida de los canales, debido a que se desconocía su comportamiento por el alto contenido de deuterio que adquiriría durante el funcionamiento en el reactor.

Siemens perdió el arbitraje, no por esta razón, sino porque no había denunciado previamente el contrato. Es interesante cómo el hecho de haber perdido el arbitraje dio lugar a que todavía existiera esa deuda de Argentina en 2007. En ese año fue utilizada por nuestro país para negociar la finalización del contrato ya que Siemens no podía dar cumplimiento al mismo porque en su empresa se había abandonado la actividad nuclear.

APENDICE I

EL REACTOR DE LA CNA-I

El reactor de la CNA-I está diseñado sobre la base de la experiencia del reactor alemán de demostración MZFR también del tipo PHWR. Fue conectado a la red en marzo de 1974 y su operación comercial comenzó en junio de 1974. Su potencia de diseño de 340 MWe se llevó hasta 357 MWe en 1977.

Su núcleo consta de 253 elementos combustibles cada uno con su propio canal de refrigeración. El mejor aprovechamiento del material fisionable almacenado en los elementos combustibles requiere que los elementos combustibles sean mudados de lugar de manera programada hasta que son finalmente descartados y se depositan en una pileta de decaimiento vecina al reactor. Ese recambio se efectúa con el reactor en operación y a razón de 1,3 elementos combustibles, en promedio, por cada día de operación a plena potencia.

ESQUEMA DEL REACTOR DE LA CNA I

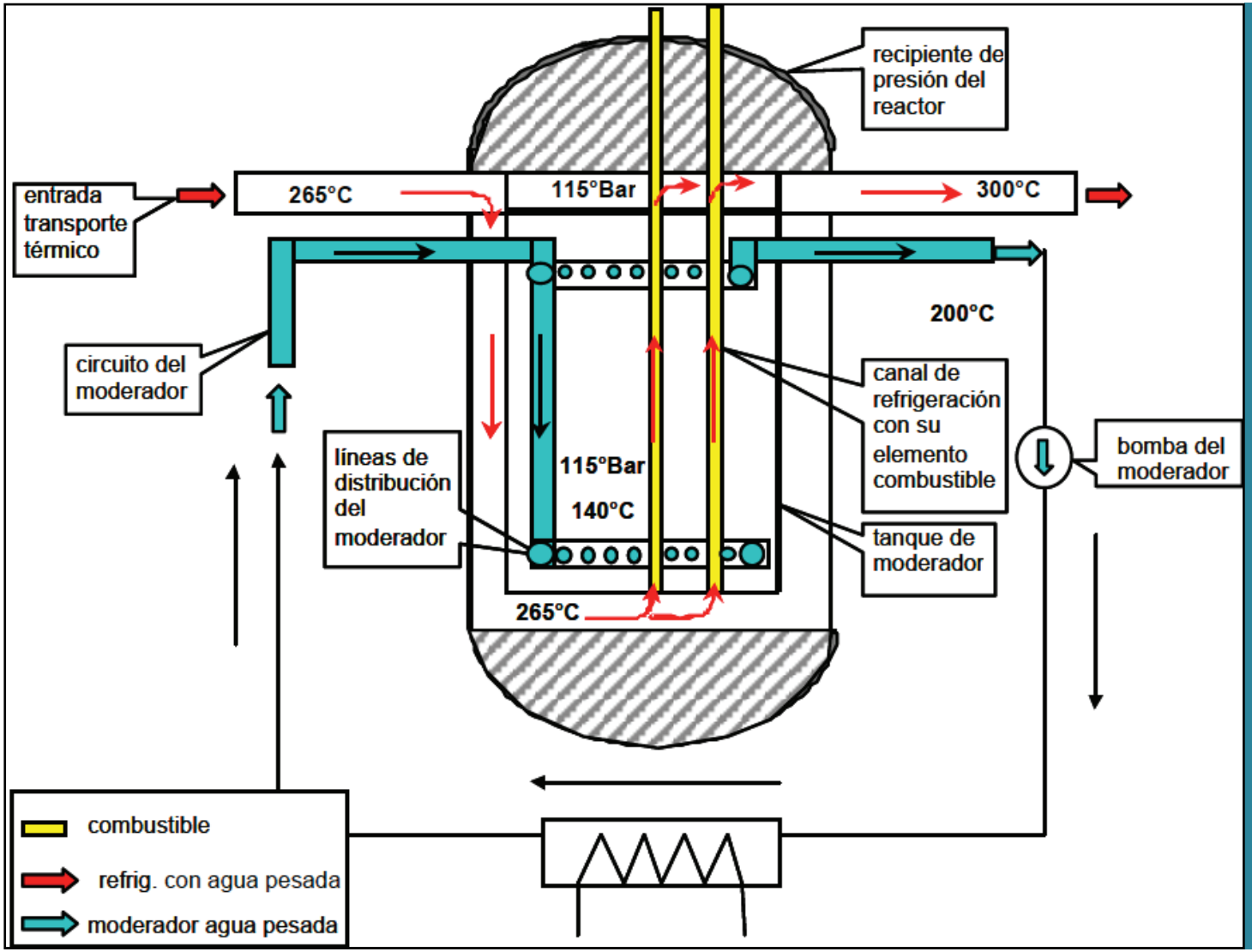


Figura I.1. Un esquema de las partes del reactor .

En la Figura I.2 se puede tener una visión de los internos del reactor dentro de la vasija de presión, destacándose los canales refrigerantes, las barras de control, los toroides superior e inferior.

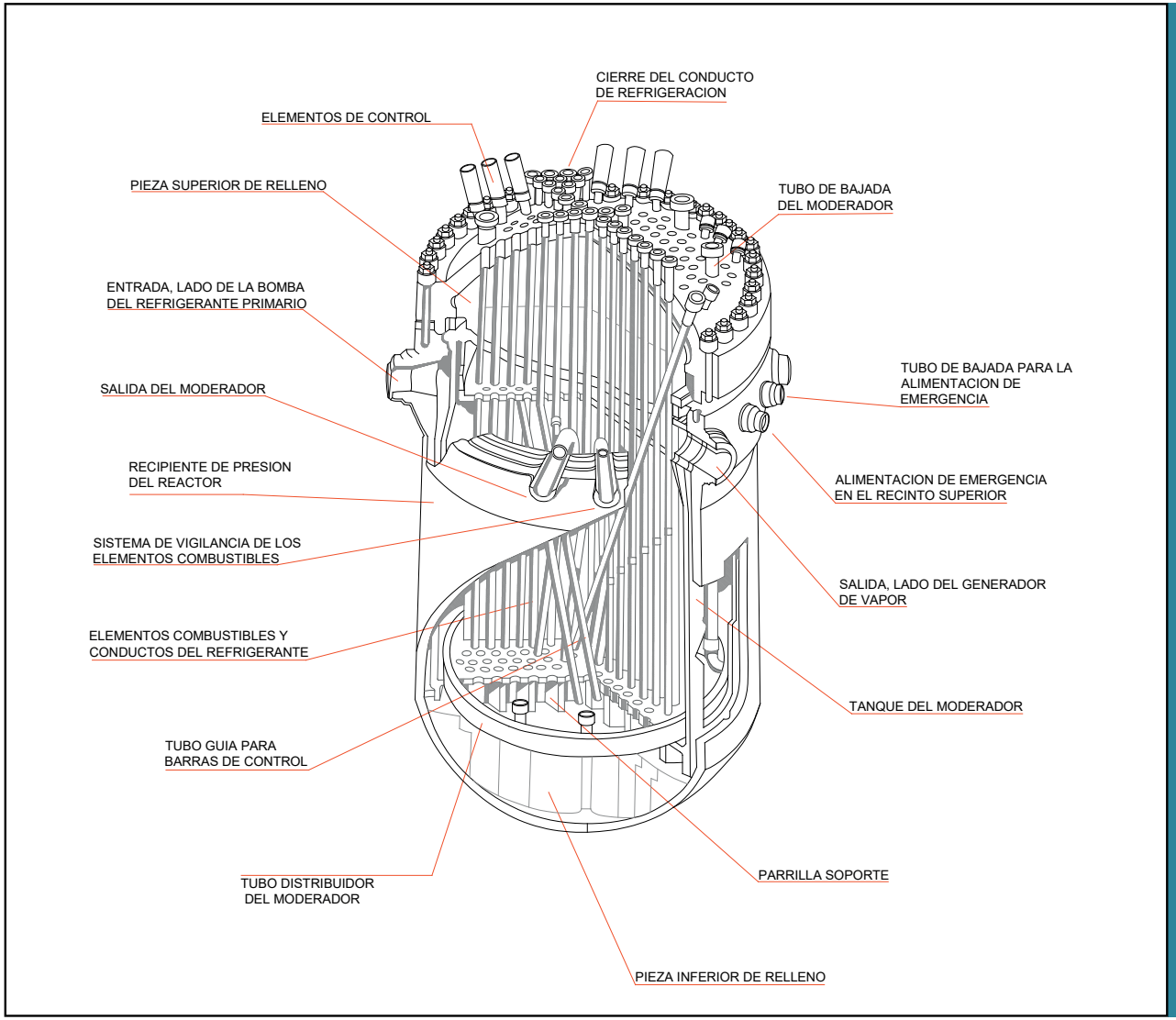


Figura I.2

En la Figura I.3 se muestra un corte de la distribución de los canales refrigerantes dentro de núcleo del reactor donde se alojan los elementos combustibles. En este esquema se indican los daños que se sucedieron en agosto del 88.

ESQUEMA DEL NUCLEO DEL REACTOR DE LA CNA I

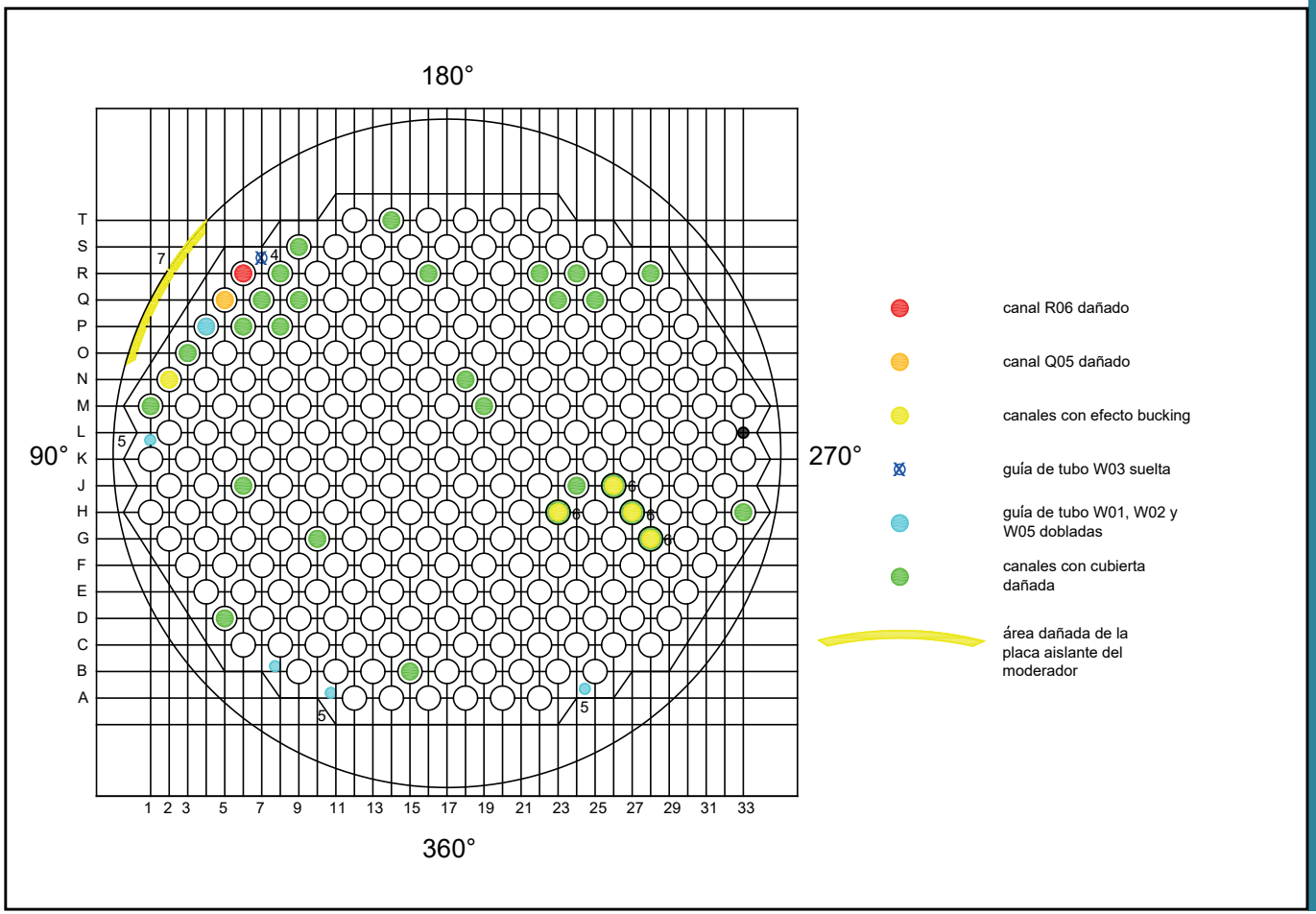


Figura I.3

Los canales de refrigeración contienen los elementos combustibles en su interior. Sus boquillas de encastre deben encajar en agujeros ubicados en la pared inferior del tanque del moderador. Todos esos materiales están sometidos a ciclos de calentamiento y enfriamiento, en particular cuando la central debe ser detenida para inspección o mantenimiento. En tales ciclos las partes sufren dilataciones y contracciones por lo que el encastre de los canales de refrigeración debe permitir desplazamientos. En las figuras siguientes se describe un esquema de un canal refrigerante y un dibujo donde se detalla los folios alrededor del tubo del canal.

ESQUEMA DE UN CANAL DE REFRIGERACIÓN DE LAS CNA-I

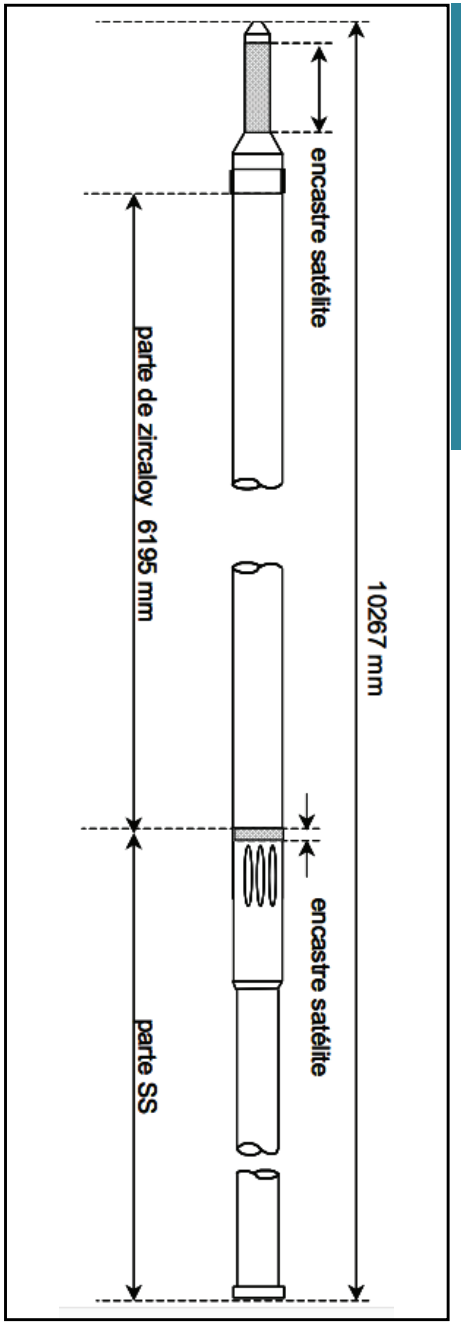


Figura I.4

VISTA DE UN CANAL DE REFRIGERACIÓN DE LAS CNA-I

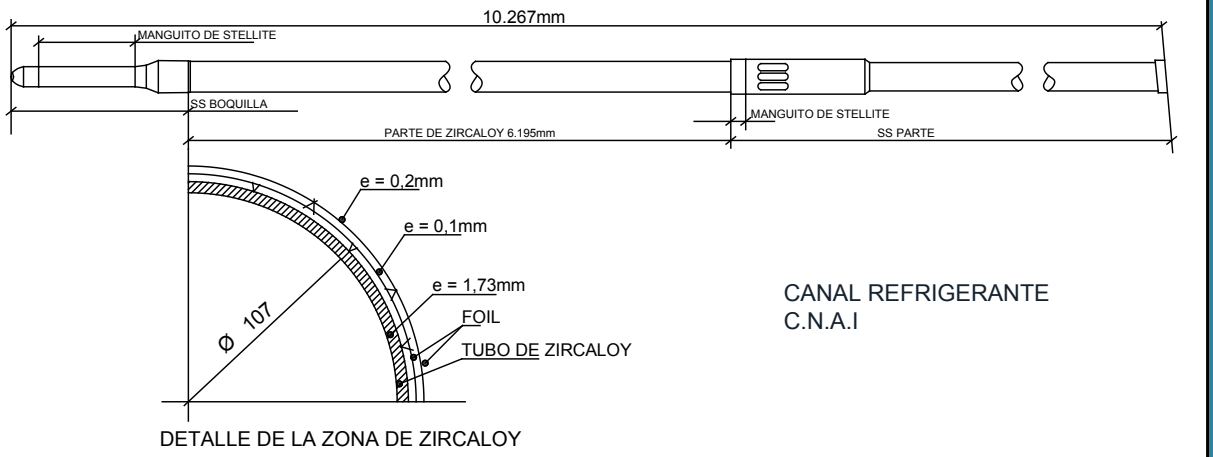


Figura I.5

APENDICE II

El aporte de las empresas del Sector Nuclear

Desde la construcción de la central Atucha I se procuró siempre tener y mejorar la capacidad local de participación empresarial, en la provisión de elementos de la cadena de suministros. Paulatinamente se fueron incorporando nuevas áreas en algunas ya formadas hasta que finalmente se formaron algunas con ese propósito específico.

Esto dio lugar a poseer empresas estatales, mixtas o privadas que adquirieron la cultura de la fabricación de componentes para los reactores. Capacidad que abarca el diseño y la construcción con especificaciones muy exigentes, similares a las aeronáuticas o las militares, esto se encontraba disponible en la década del 80 tanto para fabricar una válvula, una bomba centrifuga o para los elementos combustibles que alimentan al reactor.

El aspecto cultural mencionado no es una cuestión banal, porque si bien se puede adquirir de lo disponible en el mercado se requiere tiempo y formación para lograr un código de conducta especial vigente en toda la empresa. Cuando ocurrió el incidente en agosto de 1988 ya había una importante cantidad de empresas prestando servicios en el área de la construcción de reactores, de materiales, de elementos combustibles o de repuestos nucleares. Gracias a esta situación fue posible programar, diseñar y fabricar las herramientas necesarias para la reparación.

Es claro que esto no significó encontrar las empresas disponibles y con la experiencia necesaria para trabajar en los elementos que se debían hacer. Sin embargo el entendimiento entre la CNEA, el contratista y el cliente, resultó fluido y el resultado, satisfactorio. Hubo correcciones que fueron necesarias; algunas herramientas fallaron otras resultaron exitosas y estuvieron operativas hasta el final de la primera etapa de la reparación. Terminada esa etapa se las reacondicionó para continuar con las

otras etapas programadas de la reparación. Gran parte de ellas sirvió de experiencia para el rediseño de otras de mayor capacidad y que fueron usadas en la limpieza final.

La participación de cada empresa fue variada, en algunos casos se combinó su capacidad momentáneamente disponible con la de otra que la complementara. Como ejemplo vale la realización de la ingeniería por INVAP y la construcción a cargo de CONUAR.

Combustibles Nucleares Argentinos S.A. (CONUAR S.A.)

Es una empresa mixta creada por CNEA el 19 de diciembre de 1981 con la participación de capital privado. La CNEA conservó el 33% mientras que el 67% restante perteneció al Grupo Perez Companc. Brinda servicios en el área nuclear de las centrales, reactores de investigación e instalaciones nucleares en general. Los elementos combustibles fabricados por CONUAR satisfacen la totalidad de las necesidades de las centrales nucleares argentinas desde el año 1982. Desde el año 2002, SM&S una división de ella, se dedica a la realización de productos y servicios de alta tecnología y precisión. Desarrollando componentes especiales para uso científico, nuclear y otras industrias de avanzada, como la aeronáutica, petroquímica y biomecánica.

Actualmente participa en el Proyecto de Extensión de Vida de la Central Nuclear Embalse, desde FAE, fabricando los tubos de Incoloy para los cuatro generadores de vapor, y desde SM&S, desarrollando todos los componentes. Su subsidiaria FAE, es una “fábrica boutique” de tubos sin costura de aleaciones especiales con los más altos requerimientos de calidad, la fabricación de tubos de Zircaloy para la Industria Nuclear, materiales resistente a la corrosión y de altos requerimientos mecánicos para procesos críticos.

La construcción de herramientas y otros elementos accesorios para el operativo de limpieza, fue la tarea principal que cumplió en aquella oportunidad.

Investigaciones Aplicadas Sociedad del Estado. INVAP S.E.

Esta empresa es una sociedad del estado de la Provincia de Río Negro y su sede se encuentra en la ciudad de San Carlos de Bariloche. Su capital accionario corresponde en un 100% a la Provincia de

Río Negro. INVAP es una empresa de tecnología que comenzó focalizando sus actividades en proyectos de desarrollo que, por su envergadura y complejidad excedían las posibilidades administrativas y de gestión de la CNEA. Su primer proyecto de importancia fue la obtención de esponja de circonio y luego el de enriquecimiento de U235.

Su relación con CNEA descansó en su objeto empresario que es el de asistir a la CNEA en la implementación de su plan nuclear. Existe un convenio según el cual la CNEA designa parte de los miembros de su Directorio, al que inicialmente controló.

Se dedicó al desarrollo de tecnología de avanzada en diversos campos del área nuclear, médica e industrial y actualmente tiene muchas actividades en el área espacial y de instrumental médico. Genera productos o servicios de acuerdo a los requerimientos específicos de los clientes. Es un proveedor internacional de reactores de investigación mundialmente reconocido.

El trabajo principal que desarrolló la empresa para la fabricación de las herramientas fue la provisión de la ingeniería de las herramientas de intervención, la adaptación de unos telemanipuladores provistos por CNEA y la gestión de algunas otras provisiones. Varios años después se encargó de una muy importante intervención en la limpieza de un intercambiador del moderador.

Empresa Nuclear de Centrales Eléctricas (ENACE)

En 1981 se formó la empresa ENACE, para que actuara como arquitecto–ingeniero del Plan Nuclear Argentino, consistente en la construcción de cuatro centrales nucleoeléctricas. En dicha empresa el Estado tenía 75 % y Siemens AG el 25 % restante. Dicho consorcio sería el encargado de la construcción de todas las futuras centrales nucleares planificadas para el país. La primera Central llamada Central Nuclear Atucha II se encontraba en manos de esta empresa así como todo el conocimiento ingenieril asociado a ella por tal razón se recurrió a su colaboración para importantes actividades relacionadas con la reparación de la CNAI. Algunos de ellos relacionados con las herramientas y uno muy importante para la conversión de canales provistos para la central en construcción, como repuestos para la central en reparación.

Techint Ingeniería y Construcción

Techint E&C diseña y construye plantas de generación de energía de todas las tecnologías convencionales –desde unidades que emplean combustibles fósiles tales como petróleo, gas y carbón en una configuración de central térmica, de ciclo abierto o ciclo combinado–, hasta plantas nucleares.

Techint había participado en muchas de las actividades del área nuclear y en la década del 80 se encontraba realizando una muy importante obra para el reprocesamiento de elementos combustibles gastados. El Laboratorio de Procesos Radioquímicas (LPR) se encontraba en las manos de esa compañía y por esa razón una gran cantidad de recursos técnicos podían ser manejados contando con su participación. Su Gerencia Nuclear contaba con personal que venía trabajando en cuestiones nucleares desde hacía varios años atrás.

A ella se le encargó la construcción de algunas herramientas y la asistencia en la soldadura de las boquillas terminales de los canales de repuesto.

Chincul SA

La empresa Chincul fue una fábrica de aviones livianos que comenzó su actividad en diciembre de 1972 para fabricar aviones bajo licencia de Piper Aircraft Corporation. Con instalaciones de producción con otros sectores y talleres anexos alcanzó los 14.000 m2 cubiertos.

Chincul llegó a tener 10 líneas de ensamblaje, alrededor de 450 empleados que trabajaban las 24 horas, los 365 días del año.

La fábrica Chincul SA entregó al mercado local y extranjero unas 960 aeronaves, en aproximadamente 30 años de trabajo. Fabricó los trenes de aterrizaje del avión Pucará.

Entre 1991 y 1994 se produjo una última serie del modelo PA-18 Super Club, cesando definitivamente la actividad el 31 de enero de 1995, fecha en que fue cerrada la planta de Pocito en la provincia de San Juan.

Su capacidad técnica y el equipamiento de mecanizado de precisión que poseía permitieron instalar el taller de mecanizado para la modificación de los canales de repuesto, en una instalación de característica apropiada de taller limpio en el CAE.

Nuclar SA

La empresa es un consorcio formado en 1974 por las empresas SADE, McKee, Techint, Desaci e Ingeniería Tauro participó durante varias décadas en obras nucleares.

El vector dominante para su creación fue la excelente actitud adoptada por la CNEA respecto al desarrollo de la industria local de ingeniería y construcción, que había comenzado muy modestamente durante la construcción de Atucha I con las limitaciones que imponía el contrato llave en mano firmado con Siemens pero que, no obstante había dado algunos frutos para las empresas del sector. Además en ese momento se estaban discutiendo los contratos para Embalse y ya estaba claro que se iba a exigir una cada vez mayor participación de las empresas locales.

La extensión de las piletas de elementos combustibles usados en la CNAI, el "Loop de alta presión" en el CAE, el montaje de la CNE y la ingeniería, construcción y montaje de la CNAII constituyeron algunas de las obras realizadas por NUCLAR.

Su experiencia en soldaduras de alta calidad fue de importante asistencia en la soldadura de las partes de acero inoxidable en la modificación de los canales.

APENDICE III

EL GRUPO ASESORAMIENTO Y APOYO A LA GERENCIA (GAAG)

Actividades durante el incidente

El GAAG fue creado a instancia de la Gerencia de la CNA-I y sus objetivos implícitos eran coordinar el conocimiento y los esfuerzos para la reparación del reactor y su posterior re-arranque. La conformación era de personas de CNEA tanto de la planta como de los grupos externos y el aporte de ENACE y Siemens en cuanto aporte de información y soluciones de problemas que se planteaban a medida que aumentaba el conocimiento del comportamiento del reactor luego de 14 años de operación.

El grupo era coordinado por el Departamento de Ingeniería y planificación de la CNA-I. El jefe de dicho departamento, el ingeniero Pablo Zanni, era el responsable de informar, centralizar la información y realizar un seguimiento de las tareas, que con el tiempo se fueron incrementando.

Las reuniones se realizaban en la CNA-I y comenzaban aproximadamente a las 9 de la mañana y podían durar hasta las 18. La primera reunión se realizó a los pocos días de parar la Central, el 20 de agosto de 1988 y contó con ocho integrantes de los cuales tres eran de otras gerencias de CNEA. La prioridad era organizar las inspecciones y la adquisición de equipos para realizarlas; compras al exterior, desarrollo de herramientas para direccionarlas, equipos de grabación y posterior análisis.

Se realizaron quince reuniones entre agosto de 1988 y marzo de 1990 posterior al re-arranque. De los ocho profesionales iniciales, se tuvo un máximo de 29 personas que tenían que responder por las tareas bajo su responsabilidad y coordinar las acciones.

Desde el segundo semestre del año 1989 se observó una fuerte incorporación del organismo regulador, en ese momento denominado CALIN, planteando los temas regulatorios para otorgar el permiso de re-arranque y las acciones posteriores al mismo, que debía asumir el operador.

El desarrollo de la temática del grupo fue cambiando a medida que se profundizaban las inspecciones y comenzaba la reparación. Nuevos elementos abrían más interrogantes que hubo que analizar y contestar. La inspección de todo el reactor, no sólo la zona de R06, llevó a ver cosas como el arrugamiento y pandeo del canal J26, casi en las antípodas de la zona inicial. El canal J26 estaba arrugado en su parte inferior como si fuera "la pata de un elefante" y además su folio estaba muy deteriorado. El tubo central, que es el estructural, no estaba ni roto ni fisurado. Se presentaba el mismo mecanismo de degradación que la zona del R06 y de atascamiento por compresión en las paradas frías. La pregunta lógica era ¿Qué esfuerzo podía soportar el conjunto de zircaloy y acero que se acoplan rolándolos? Los folios de varios canales estaban muy deteriorados. Éstos son dos capas de zircaloy de 0,1 mm y una envolvente de 0,2mm arrollada en forma de espiral. ¿Cuál era el mecanismo de degradación? ¿Se podían sacar los folios de los canales o tenía otras consecuencias aparte de la pérdida de eficiencia? Cada vez se abrían más y más interrogantes que debían tener respuestas rápidas para encarar la reparación. Si bien se era consciente que los canales refrigerantes debían cambiar su diseño, que ni la inversión ni el tiempo jugaban a favor para un cambio total, se debía tener un criterio de aceptación sobre los canales irradiados que fueron extraídos para inspeccionar o realizar reparaciones en zonas cercanas. En efecto se habían extraídos más de 70 canales y no se podía introducir nuevos en todas esas posiciones.

A medida que había pasado el tiempo el GAAG fue enfocando su tarea en la preparación para el re-arranque de la central. Se pensaron y discutieron sistemas de alerta temprana para anticiparse a las fallas, se analizaron escenarios de posibles situaciones accidentales como la fusión de un elemento combustible en un canal. Se hicieron ensayos y estudios de hasta qué porcentaje del flujo de refrigerante podía disminuir para que el combustible se funda. Se desarrolló un método que era medir cambios en la diferencia de presión entre el plenun inferior y el superior para detectar obstrucción

de la refrigeración. La diferencia de presión entre la parte inferior del canal y la superior es constante en todo el núcleo. Un canal tapado implicaba una disminución detectable del flujo refrigerante.

Se mejoró el sistema de inspección de elementos combustibles para poder observar la parte de abajo del conjunto. La idea era anticiparse si uno o varios canales tenían fragmentos que podían taparlo.

Se actualizó también la instrumentación del interior del núcleo al cambiar la mayoría de las termocuplas que miden la temperatura de salida en 28 canales; se planificó instrumentar cuatro posiciones del reactor, con sondas para medir el nivel de agua del moderador. Se realizaron cálculos complejos de comportamiento del tanque del moderador ante la falta de aislación en el mismo por la parte dañada durante el incidente.

Ya en el segundo semestre se comenzaron a realizar las instrucciones para el re-arranque, el plan de pruebas y el entrenamiento a los operadores ante posibles escenarios incidentales/accidentales para generar respuestas tendientes a evitar o mitigar los mismos.

Se tomó la decisión que el Comité Interno Asesor de Seguridad de la planta fuera el que decidiera continuar o parar la central ante un evento. El ente regulador realizaba consultas que había que informar, para obtener la autorización de arranque, en cuatro áreas temáticas

1. Criterios regulatorios
2. Seguridad
3. Cambios de diseño
4. otros aspectos como la organización y la formación ante el nuevo escenario

El plan de pruebas preveía marchar más de 200 hs con las bombas del sistema primario circulando (estado de situación de parada caliente) realizando las mediciones de parámetros como temperaturas o caudales y luego realizar inspecciones para verificar posibles cambios o comportamiento de componentes y luego los resultados al ejecutarse el plan. Así como también luego de poner crítico

el reactor realizar mediciones de la efectividad de las barras de control y corte a potencia cero e ir realizando una rampa de potencia. En febrero de 1990 se operó a 45% de la potencia y a finales de ese mes luego de una salida de servicio e inspecciones, se volvió a poner crítico.

La última reunión del GAAG se realizó el 14 de marzo de 1990 con la central en marcha.

APENDICE IV

ESTUDIO DEL MATERIAL DE LOS CANALES DE ENFRIAMIENTO. EVALUACIÓN DEL CANAL R-06. DOMINGO QUILICI

La decisión

A los diez días de la "parada en frio" del reactor, ya se contaba con una idea bastante aproximada de la secuencia de eventos que habían provocado la rotura del canal R-06 y otros daños en el interior del tanque del moderador.

En ese momento y de común acuerdo con el diseñador se concluyó que era indispensable efectuar una investigación sobre las condiciones metalúrgicas y mecánicas en que se encontraba el material de los canales. Se concluyó asimismo que este estudio debía realizarse en el país. En una primera aproximación el estado de todos los canales estaría bien representado por las condiciones en que se encontraba el canal dañado R06. Sin los resultados de estos estudios hubiera sido imposible analizar con el Ente Regulador las condiciones para un re-arranque de la central.

Esa decisión fue posible porque se cumplían dos condiciones fundamentales: En primer lugar se sabía bien cuáles eran los estudios que se debían realizar. Esto se había conseguido a través de una prolongada experiencia en metalurgia en general, además del desarrollo exitoso y la fabricación de elementos combustibles nucleares para reactores de potencia y el suministro de componentes para los reactores de investigación. Se contaba además de una larga experiencia resolviendo problemas metalúrgicos para la industria. En segundo lugar era posible una rápida adecuación de infraestructura existente para llevar a cabo los estudios. La urgencia para realizar los trabajos era una variable muy importante.

Hasta ese momento la CNEA no había realizado estudios metalúrgicos de piezas de envergadura y con el grado de irradiación que poseía el canal R-06. Fue necesario encontrar, dentro de los recursos disponibles en la infraestructura de la institución, aquellos que permitieran el estudio en cuestión.

Lo más importante fue contar con "celdas calientes"[30] accesibles. En el Centro Atómico Ezeiza estaban en construcción un par para otros usos. Un grupo de profesionales con experiencia en la construcción de equipamiento e infraestructura para uso nuclear y en estrecha colaboración con los metalurgistas, encararon su rediseño para el nuevo objetivo. Fue necesario terminar en breve tiempo su instalación y el licenciamiento requerido para trabajos con la alta radioactividad que poseía el canal R06.

Este equipo técnico tuvo además la tarea de habilitar las herramientas y la infraestructura, así como la calificación del personal necesario para el acondicionamiento y trasporte de un "trozo" del canal R-06 desde la "pileta de enfriamiento" de la central, pasando por las celdas calientes hasta la "caja de guantes"[31], última etapa de algunas determinaciones.

Los estudios y sus resultados

Los estudios a realizar en el trozo del canal fueron acordados con un experto de SIEMENS-KWU. El objetivo fue establecer el estado y las propiedades mecánicas y metalúrgicas de los canales de refrigeración luego de haber permanecido en el seno del reactor durante 10 años de funcionamiento a plena potencia. Los estudios se realizaron sobre probetas tomadas del canal R06.

Tomar una muestra del canal puede parecer una operación banal ya que sólo se trataba de cortar un trozo de unos 30 centímetros del extremo del canal roto. Éste consistía en un tubo de Zircaloy de un diámetro de 115 mm y 1,73 mm de espesor. La dificultad residía en que el canal estaba altamente radiactivo: la tasa de exposición, medida en contacto con el canal, era de aproximadamente 10 Sv/h[32]. Este nivel de actividad exigía trabajar blindando la operación para permitir a los operadores realizar su tarea durante todo el tiempo que durara el corte.

Si bien se planificó un dispositivo automatizado para esa tarea, se hizo evidente rápidamente su dificultad operativa. La urgencia era tal que se adoptó en cambio la solución práctica de un sencillo me-

[30] "Celdas calientes" se denominan a los locales especialmente acondicionados e instrumentados para trabajar con material altamente radiactivo.

[31] Las cajas de guantes son receptáculos una de cuyas paredes ha sido equipada con guantes y herramientas tele comandadas para manipular material radiactivo.

[32] La radiactividad se mide en Sievert por hora (Sv/h).

canismo de corte manual operado a una conveniente distancia. Se trató de una sierra de acero ultra rápido, sostenida con un marco y movilizada con un tubo de varios metros de longitud mediante el cual el operador le imprimía el necesario movimiento de vaivén. Durante el corte, el canal se encontraba sujeto horizontalmente e inmerso a 1.3 m bajo el espejo de agua en la pileta de los elementos combustibles ya "quemados". Esta simple solución que podrá parecer una herejía en medio de tantos equipos sofisticados fue motivada por la urgencia y probó ser exitosa.

Una vez cortada la muestra, fue transportada al Centro Atómico Ezeiza para lo que se requirió acondicionar un contenedor blindado capaz de acoplarse a las celdas calientes modificadas cumpliendo así con todos los requisitos que el CALIN había establecido. La actividad del trozo del canal fue también calculada en función de los radio-nucleídos existentes, principalmente al par Zr95-Nb95. El cálculo arrojó un valor que fue el 96,5% del valor medido que se mencionó arriba. La tasa de exposición por contacto en la superficie del contenedor se encontró que alcanzaba 0,1 mSv/h en su mayor superficie. En una zona localizada en la parte superior llegaba a 3mSv/h.

En aquel momento las celdas calientes de la CNEA para el estudio de elementos combustibles irradiados y otros materiales activos no eran más que el diseño de una parte de una gran instalación. Como ésta no estaba en vías de concretarse y se requería una inmediata capacidad de trabajo, se implementaron unas celdas más modestas adaptando una dependencia de las instalaciones del LPR (Laboratorio de Procesos Radioquímicos). En ellas se recibió el trozo del canal deteriorado de la central y se realizaron todos los estudios para evaluar su material. Sin embargo, para hacer todo esto fue necesario primero completar su instalación y su licenciamiento.

Luego del traslado e instalación de la muestra contenida en el interior del contenedor en el local 4 del laboratorio analítico del LPR, se comprobó que su nivel de radiactividad no modificaba el nivel de actividad en la galería operativa. Ésta se encontraba entre 0,11 y 0,17 μSv/h.

La evaluación consistió en determinar el estado real del material del canal. Este se podía estimar a partir de datos de corrosión disponibles en la literatura, o de aquellas basadas en las suposiciones del diseñador. Nadie podía en verdad asegurarlas. Esto fue evidente luego de efectuar las mediciones.

La observación visual del estado de los llamados folios de aislamiento proveía evidencias que las estimaciones teóricas no eran correctas.

Se estableció conjuntamente con Siemens la necesidad de determinar las dimensiones y espesores del tubo central así como el contenido de deuterio de ese canal y de los folios; la estructura metalográfica de cada uno de estos componentes y las propiedades mecánicas del tubo central. Eso obligó a contar con equipamiento apropiado para efectuar el corte de probetas y la observación macro y micrográfica, de las dimensiones y de la dureza del metal. Éstos y otros elementos fueron incorporados en las celdas calientes. También se acondicionaron cajas de guante para trabajar con pequeñas muestras en las que la actividad era suficientemente baja. Todos los elementos de trabajo se distribuyeron en dos celdas calientes y dos cajas de guantes.

Los estudios comenzaron con el relevamiento visual por medios ópticos y con cámara de televisión de la superficie de la muestra. Estas observaciones se realizaban a través de una ventana de 20 cm de espesor del vidrio plomado que poseía la celda caliente. Se obtuvo así una detallada descripción de las superficies externas e internas del tubo central permitiendo precisar las observaciones previas hechas con el periscopio en las piletas de elementos combustibles quemados. Paralelamente se pudo apreciar la corrosión superficial del canal que se había producido durante los 12 años de permanencia en el reactor. No se visualizaron signos de corrosión localizada u otras formas de visibles deterioro. Se observó en cambio un desgaste superficial que podía atribuirse al desplazamiento de los patines en los separadores de los elementos combustibles. En la superficie exterior quedó en cambio bien evidenciada una amplia zona de material desgastado que se había producido por el rozamiento con el tubo guía, previo a la rotura del canal. Las mediciones del diámetro exterior mostraron valores muy similares a los de diseño así como también ocurrió con las mediciones del espesor de pared.

Una propiedad de gran importancia que debía ser evaluada era que el material del tubo central poseyera la ductilidad suficiente para que el contenedor del elemento combustible no fuera frágil. Esto garantizaba su resistencia estructural y por consiguiente resultaba esencial para la seguridad del núcleo del reactor, la inspección visual de los folios hacía suponer que el Zircaloy 4 del tubo central

podía haberse visto afectado por el daño por irradiación y la asimilación de deuterio, al punto de ser peligrosamente frágil. Se programaron ensayos para esa evaluación, algunos inmediatos de carácter cualitativo y otros se programaron para más adelante. Para éstos era necesaria una máquina de ensayo de materiales que debía instalarse en las celdas calientes que se encontraban en construcción.

Diversos ensayos permitieron evaluar otros aspectos del material del canal. Los ensayos de flexión mostraron que el material soportaba una buena deformabilidad sin llegar a la rotura, suficiente prueba para garantizar la resistencia del canal de enfriamiento. En el estudio de su estructura metalúrgica, por ejemplo no se encontraron anomalías de corrosión en la soldadura o fisuras. Estos trabajos requirieron probetas muy pequeñas y por ello podían ser estudiadas en las cajas de guantes. Las probetas eran preparadas en las celdas calientes y se las trasladaba a los equipos colocados en las cajas.

De todos estos estudios, luego de comprobarse la suficiente resistencia mecánica del canal central, los de mayor relevancia consistieron en la determinación del contenido de deuterio incorporado durante el funcionamiento en el reactor. La determinación directa del contenido de deuterio se realizó con equipos que habían funcionado por años con ese mismo propósito pero no con material radiactivo como las muestras del canal. Esto requirió preparar un área restringida y licenciar la misma para este propósito transitorio.

Trasladadas las muestras de acuerdo al protocolo aprobado por el CALIN se midió el contenido de deuterio con un equipo comercial de la conocida marca LECO a muestras del canal central, del folio de 0,1mm y del de aislamiento de 0,2mm. Ese equipo opera bajo la técnica de extracción de gases por fusión bajo atmósfera inerte. Dado que el equipo comercial estaba calibrado para medir hidrógeno se calcularon y se debieron hacer las correcciones para establecer la concentración de deuterio.

Los resultados encontrados mostraron claramente valores de alta importancia en el grado de incorporación de deuterio ya que se apartaban mucho de los esperados por diseño, especialmente en los folios que triplican ampliamente a los del canal central.

Mucha información valiosa resultó de estos estudios. Mostró como las estimaciones de diseño no se cumplían en el caso real de los canales de refrigeración. En los años siguientes esto dio lugar a extendidas discusiones que indujeron al diseñador a modificar varias veces los modelos de corrosión que aplicaban.

En estas tareas debemos destacar la contribución del Dr. Gustavo Cragnolino que fue el diseñador del programa de estudio y medición y el coordinador que aseguró la ejecución y cumplimiento de los trabajos, conjuntamente con colaboradores directos como David Banchik, Roberto Kurzt, Ricardo Volpi y Nicolás Riga.

Conclusiones

El costo del programa de ensayos no tuvo un peso significativo en el costo de la reparación. Pero sí se puede decir, que tuvo un importante "valor" desde el punto de vista del conocimiento tecnológico sobre el comportamiento en la operación de la Central del material de los canales de refrigeración:

- No se habría podido poner en marcha nuevamente la central sin este programa de ensayos,
- Dio garantías a la central para su futuro funcionamiento,
- Significó un aporte significativo al diseño de Atucha II. Sin estos aportes hubiera existido una gran probabilidad que esa segunda central hubiera encontrado problemas durante su funcionamiento.

La principal conclusión del programa de ensayos fue demostrar, que resuelta la causa del incidente primario que llevó a la rotura del canal, no había impedimentos metalúrgicos ni estructurales, para la nueva puesta en marcha de la central. Al mismo tiempo se concluyó que no era posible garantizar que la vida útil de los canales llegara a los 40 años como estaba prevista en el diseño original. Como resultado de esto, se programó un remplazo paulatino de todos los canales del reactor. Una segunda consecuencia fue haber acordado con la empresa SIEMENS el rediseño de los canales de la Central Atucha II.

Los ensayos realizados demostraron que las reacciones físico químicas como la incorporación de deuterio al material de los canales, fueron responsables de la fragilización del foil interior de la aislación térmica del canal. Por otra parte, se demostró que la velocidad de crecimiento por radiación no tenía un comportamiento lineal como se suponía: la curva de crecimiento cambiaba abruptamente luego de una fluencia neutrónica determinada. Este fenómeno condicionó también al nuevo diseño del canal.

APENDICE V

PROVISIÓN DEL HERRAMENTAL Y SUMINISTROS METAL-MECÁNICOS PARA LA REPARACIÓN DE LA CNA-I (*)

(*) Extracto del trabajo realizado por el Ingeniero Juan de Paz para la Revista Argentina Nuclear N° 19/20 – 1989

La Gerencia de la CNA-I tomó para sí el desarrollo, diseño y en el caso que correspondiere las especificaciones para contar con las herramientas necesarias para la reparación del reactor. Esto fue así a medida que avanzaban las inspecciones y se iba conformando un mapa de lo que se debía realizar. Un evento que empezó como un incidente local (en torno al canal R06), fue mostrando otras zonas afectadas.

El diseño conceptual fue asumido por los técnicos de CNEA. De las primeras herramientas se encargó la gerencia de ingeniería y del manipulador "Julia", el técnico que la desarrolló. Basó el diseño en los manipuladores que se utilizan en radioisótopos en el Centro Atómico Ezeiza. Conceptualmente las herramientas debían tener en cuenta los siguientes aspectos para su construcción y operación.

Limitaciones físicas: Toda operación debía realizarse a través de orificios de diámetro máximo de 120 milímetros correspondiente a un canal desmontado sin elemento de cierre.

Alto nivel radiológico: limitación que implica reducción de tiempo de estadía de personal sobre las áreas de trabajo, que implicaba disponer de equipos de control remoto.

Esfuerzos elevados: Se requería disponer de fuerzas moderadamente elevadas lo que implica el uso de sistemas hidráulicos.

Sensibilidad de operación: Dadas las dimensiones del tanque del moderador y la cantidad de elementos que conforman los internos del reactor se hacían necesarias herramientas de gran precisión y de gran sensibilidad del operador que debía trabajar en el lugar en forma indirecta.

Dado los cortos tiempos que se tenían para adquirir el equipamiento se recurrió a todas las empresas asociadas del sector locales y extranjeras. Los tiempos requeridos para la capacitación y entrenamiento de los operadores eran importantes. En su mayoría debían realizar los turnos durante tiempos prolongados y limitando la dosis de radiación recibida.

Una breve descripción de las herramientas utilizadas es la siguiente:

Manipulador universal remoto. Dispone de cuatro movimientos. Hombro, codo, muñeca y rotación de muñeca. Los mismos son accionados por motores eléctricos. La amplitud de los movimientos es de 180º.

Columna y brazo articulado. Tiene tres movimientos: hombro, codo y muñeca. Accionada por cilindros hidráulicos. Se pueden adosar herramientas en el extremo del brazo como agarre del canal, corte y agarre de sonda, desguace y corte de chapa.

Tres manipuladores a la firma Schilling. Combina capacidad de alta velocidad con precisión y potencia y puede trabajar en agua pesada. Fueron adquiridos.

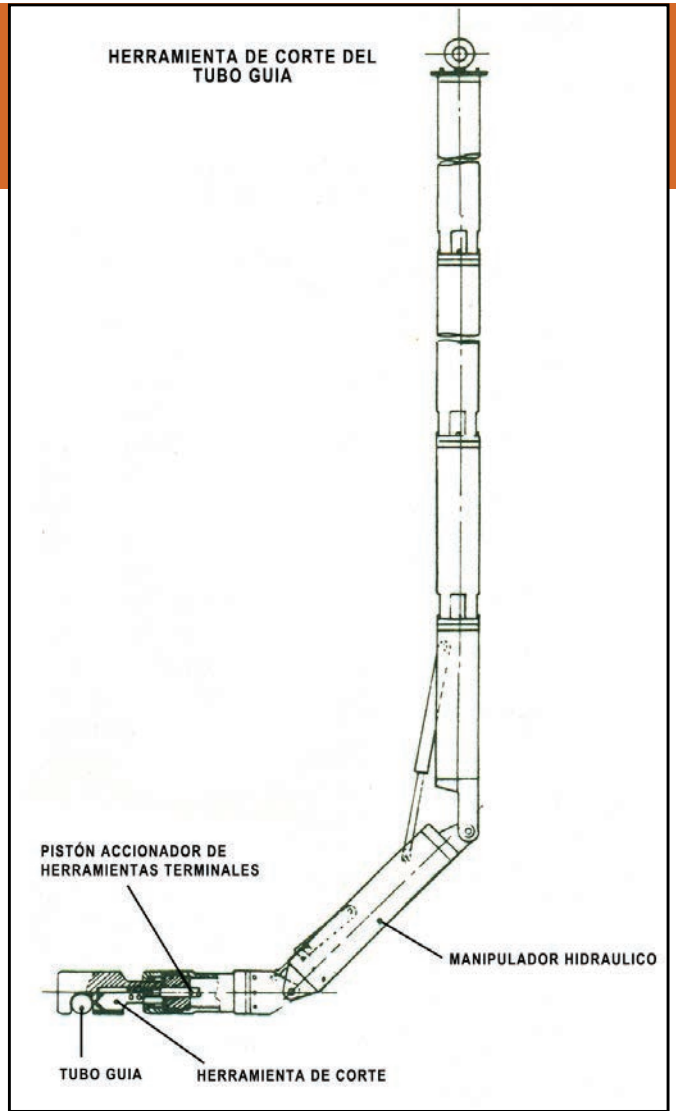
Sistema de aspiración con filtros. Tenían por misión limpiar las partículas que estaban en el fondo del tanque del moderador.

Movimiento general de partes sueltas

Un manipulador mecánico ingeniería (INVAP) fabricación (CONUAR)
Dos manipuladores electro-neumáticos (CNEA)
Tres manipuladores hidráulicos (Schilling)

Corte y extracción de tubos guías de sonda

Dos manipuladores hidráulicos ingeniería (INVAP) fabricación (CONUAR)
Un manipulador de agarre de tubos guías ingeniería (INVAP) fabricación (CONUAR)
Una herramienta de transporte de tubo guía (CONUAR)
Una herramienta de agarre de tubo Guía ingeniería (INVAP) fabricación (CONUAR)



Esquema de la Herramienta de Corte

Recuperación Canal R06

Una herramienta agarre del canal ingeniería (INVAP) fabricación (CONUAR)
Una herramienta de transporte de Canal (CONUAR)

Corte de Chapa suelta

Una herramienta de corte de chapa (INVAP/SCHILLING)
Una herramienta de corte giratoria (Techint)
Dos herramientas de corte tipo tijera (CONUAR)

Limpieza del fondo del tanque del moderador

Sistema de aspiración con filtro de retención (ENACE)
Herramienta de transporte de filtros (ENACE)

Dispositivos Varios

Diez canastos contenedores de partes sueltas (CONUAR)
Dos herramientas para traslado de canastos (CONUAR)
Una grilla contenedora de canastos (CONUAR)
Una grilla contenedora de tubos guías (CONUAR)
Cinco cabezales de secado de herramientas (Techint)
Cuatro dispositivos de elevación de columnas (Techint)
Cuatro fuentes hidráulicas para 80, 130, 230 bar
Tres sistemas de TV subacuáticas
Veinte tapones gravitatorios
Ochenta tapones de obturación permanente de alojamiento de tubos guías.

APENDICE VI

MODIFICACIÓN DE CANALES REFRIGERANTES DE LA CNA-II PARA SER UTILIZADOS EN CNA-I

La necesidad de inspeccionar los internos del tanque del moderador a través de todas las calles requirió el retiro de 15 canales y hubo que disponer de mayor cantidad de canales de repuesto antes de iniciar el re-arranque.

La primera y única posibilidad de proveerlos fue hacer uso de esos mismos componentes provistos para la CNA-II. Para analizar su uso se recurrió a la gerencia de mecánica de ENACE, con quien se inició el estudio. Lo que parecía una acción automática resultó irrealizable sin antes hacer una serie de modificaciones. La sorpresa de quien discutió el tema con el Ing. Curto fue grande, pero fue inmediatamente resuelta cuando Curto explicó, sin ninguna inquietud, que la transformación podía ser realizada. Los canales de la CNA-II se habían diseñado más cortos y con una boquilla terminal de otro diseño.

Estas modificaciones no sólo tenían complejidades técnicas, sino contractuales y hasta políticas. Para ejecutarlas se llevaron a cabo diferentes reuniones entre SIEMENS-KWU, representado por el ingeniero Spohrer y la CNEA por el ingeniero Nicolas Riga.

Después de un análisis exhaustivo de la situación de la reserva de canales de repuesto en la CNA-I se dispuso que debieran modificarse nueve canales de CNA-II.

Debido a la dificultad en lograr en el corto tiempo disponible la aprobación para reexportar los canales de la CNAII a Alemania, modificarlos y tramitar luego el nuevo permiso de salida para un uso distinto al original, se decidió fabricar las partes y ensamblarlas en la CNEA.

El canal para la CNA-II es 150 mm más corto que el de CNA-I. Debido a ello, conjuntamente con la empresa ENACE, se realizaron planos de prolongación para su acoplamiento, usando los mismos procedimientos aplicados en los talleres de NMA de Alemania para los canales de la CNA-II. La fabricación de las boquillas, debido a las dificultades para la provisión desde Alemania, se realizó en la Argentina.

Si bien se contaba con la facilidad edilicia para realizar las modificaciones planeadas de los canales se debía instalar en su interior el equipamiento de corte, mecanizado y tener el personal especializado para su operación. Para la realización de esas operaciones se contrató a una empresa fabricante de aviones, instalada en la Argentina con el nombre de CHINCUL SA., la que acumulaba un par de décadas de experiencia en ese campo de acción. La misma debía proveer el equipamiento y realizar las operaciones necesarias y ella trajo el equipamiento y el personal al taller del CAE.

El 26 de octubre, se dispuso de un taller limpio de armado de canales en Centro Atómico Ezeiza. La ingeniería para la adaptación había sido realizada por ENACE, así como también la calificación del taller y el seguimiento de la modificación, con su organización de garantía de calidad.

La ingeniería realizada por ENACE, que comenzó el 22 de septiembre con la ingeniería y finalizó el 29 de septiembre con la inspección de los procedimientos, abarcó los siguientes aspectos:

- Todos los procedimientos para la modificación de acuerdo a la especificación REL 5002/E de KWU para la CNA II
- El plan de inspección
- La inspección de planos
- El plan de soldadura
- Los ensayos con tintas penetrantes

Como primera actividad se debió ensayar la máquina de soldar, según un procedimiento igual al usado para los de la CNA-II y se calificó la máquina y al soldador designado. Inicialmente se realizó una

calificación provisoria que solamente servía para ganar experiencia y como práctica del soldador y maquinaria, realizando en ella ensayos dimensionales de las probetas, el corte y la metalografía de la soldadura a nivel micro y macro. La importancia de lograr los parámetros establecidos estaba reflejada en que si estos ensayos no cumplían bien con la normativa se hubiese tenido que traer una máquina igual a la usada en NMA, lo que implicaba un atraso en el cronograma de fabricación.

El 3 de octubre de 1988 se comenzó con la fabricación definitiva de las probetas de ensayo de soldaduras. El 6 de octubre de 1988 se terminó el corte y maquinado de los componentes de prueba para calificar la soldadura; 3 días después se realizaron los ensayos dimensionales, y se finalizó con los ensayos metalográficos micro y macro de las soldaduras.

Cortado y mecanizado de los canales

El 10 de octubre de 1988 se comenzaron a cortar los nueve canales. Era necesario realizar dos cortes por cada canal.

Entre los días 12 y 19 de octubre se realizó el mecanizado de los 9 canales.

El 20 de octubre, se comenzó el ensamble de las partes acondicionadas para la soldadura cuyas etapas se dividían en:

- Calentamiento de las uniones a soldar
- Alineación
- Control dimensional de agujero al final de la parte superior.
- Control del diámetro exterior
- Control del diámetro interior con tapón.
- Ensayos de tinta penetrante para las superficies

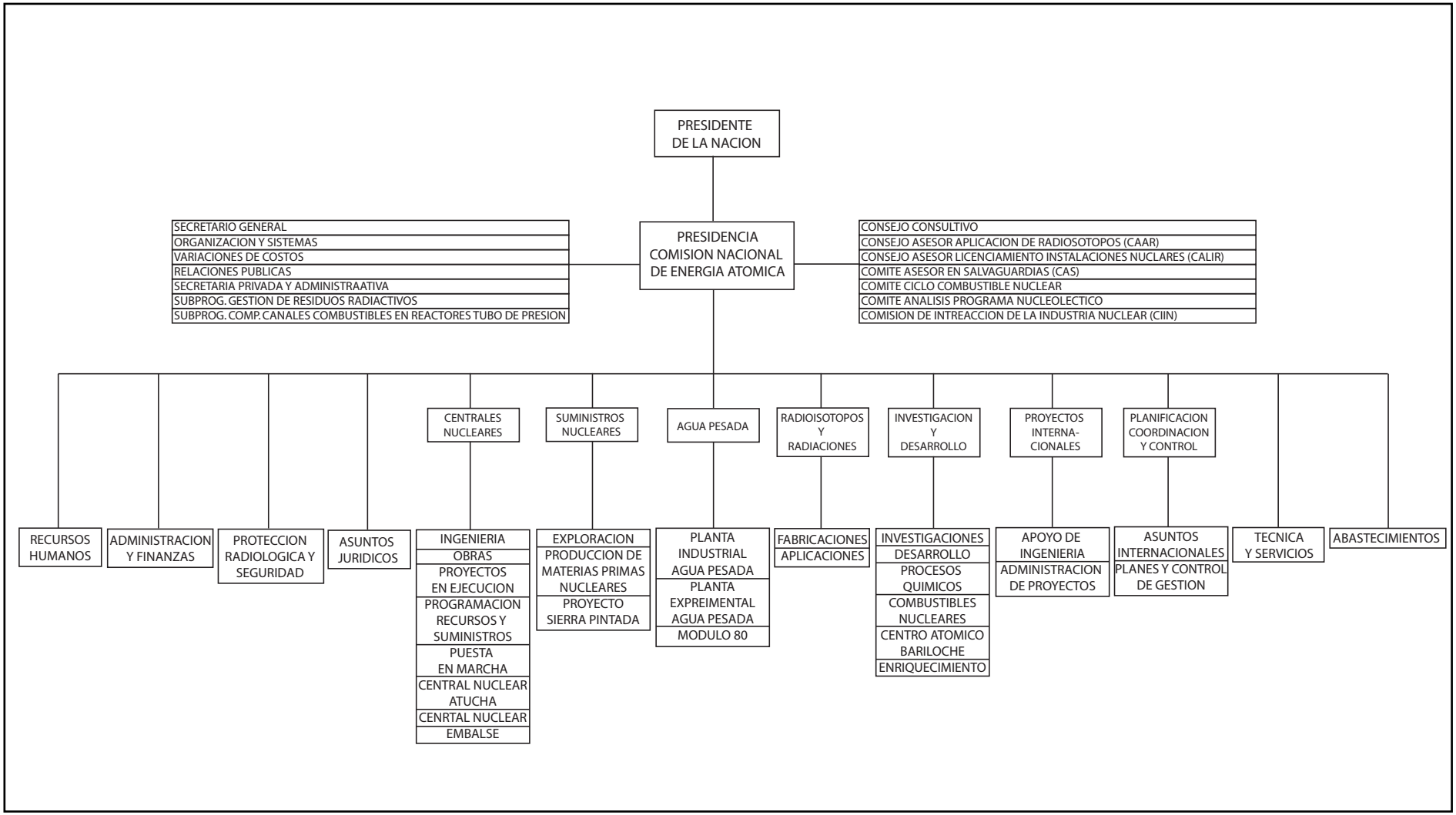
La producción resultó de aproximadamente un canal por día. El 24 de octubre, se terminó con el ensamble de la parte superior del canal y el 26 del mismo mes se inició la preparación para soldar la parte inferior del canal, o sea boquilla con manguito de acoplamiento de la parte de Zircaloy. El día 27 se finalizó la soldadura de la grilla inferior con la boquilla.

Después se hacen los ensayos de helio en los extremos de las partes soldadas, para verificar el éxito de las soldaduras. Esto se comenzaba tan pronto se finalizaba la soldadura y en paralelo con otras tareas.

El 28 de octubre se entregaron los canales en CNA-I.

APÉNDICE VII

Organigrama de la CNEA (Año 1988)



ESTUDIO PRELIMINAR TÉCNICO ECONÓMICO DE UNA CENTRAL NUCLEAR EN EL ÁREA DEL GRAN BUENOS AIRES Y LITORAL.

En junio de 1967 se presentó un informe preliminar de ofertas para instalar una planta nuclear en el Gran Buenos Aires y litoral que fue la justificación para la adquisición de la Central Nuclear Atucha I.

El informe fue presentado por el Secretario de Energía y Minería de la época Ing. Gotelli conjuntamente con el presidente de la CNEA Contralmirante Oscar Quihillalt. Participaron funcionarios de la subsecretaria de energía eléctrica y de SEGBA (Ing Bronstein) y altas autoridades de la Comisión como Jorge Sábato, Jorge Cosentino y el responsable de estudios de factibilidad de reactores de potencia, el Ing. Csik. Los cálculos de computadora fueron supervisados por el Ing. Herminio Sbarra.

Dentro de las hipótesis y supuestos se consideraba que para el periodo 1967-70 se contaba con 500 MW de potencia de base y 120 MW de punta; para los dos años siguientes no estaba definida la fuente ni la potencia y para los años 1974 a 1979 se presuponía la operación del complejo Chocón-Cerro Colorado. Las proyecciones de crecimiento de las necesidades de energía eléctrica iban del 8.8% al 6.5% según el período, finalizando el estudio en 1980.

Se analizaron dos tipos de centrales nucleares. Una de ellas de uranio natural y agua pesada de 325 MW y con un tiempo estimado de construcción de 55 meses, de acuerdo a datos de un consorcio canadiense-japonés. La otra planta era un reactor de uranio enriquecido refrigerado a gas de 500 MW y 48 meses de construcción de origen británico. El equipamiento de referencia eran centrales térmicas y el complejo hídrico. Un dato curioso era que la vida útil de las plantas nucleares se estimaba en 25 años cuando hoy se planea entre 40 a 60 años de operación y las centrales térmicas de base con una expectativa de vida de 30 años y en la actualidad los ciclos combinados se plantean de 25 años.

La conclusión más importante era que la incorporación de una central nuclear hacia fines de 1972 era compatible con la explotación del sistema eléctrico.

Un tema a resaltar son las consideraciones finales dado que el trabajo puso énfasis en que se debía seguir analizando los siguientes aspectos:

- √ Combustible: naturaleza, abastecimiento y aprovechamiento
- √ Participación de la industria nacional en la construcción y explotación
- √ Garantías
- √ Financiamiento del componente en moneda nacional

Cincuenta años después se sigue luchando por los mismos conceptos.

GLOSARIO

AECL Atomic Energy Canadian Ltd

AREVA Empresa multinacional francesa dedicada a la energía nuclear (signataria de los contratos de KWU)

ARN Autoridad Regulatoria Nuclear

CALIN Consejo Asesor para el Licenciamiento de Instalaciones Nucleares

CANDU Canada Deuterium Uranium

CNEA Comisión Nacional de Energía Atómica

CONUAR Combustibles Nucleares Argentinos

DCN Dirección de Centrales Nucleares

ENACE Empresa Nuclear Argentina de Centrales Eléctricas s.a.

INVAP Investigaciones Aplicadas

KWU Kraftwerk Union AG Empresa de Siemens dedicada a la generación de potencia

NASA Nucleoeléctrica Argentina s.a.

OIEA Organismo Internacional de Energía Atómica

PWR Pressurized Water Reactor

PHWR Pressurized Heavy Water Reactor

SIEMENS (AG-UB) Empresa alemana madre proveedora de Atucha I y II con diferentes áreas (comerciales, técnicas)

ABREVIATURAS

AISLAMIENTO DEL TANQUE DEL MODERADOR

El interior del tanque del moderador se encuentra recubierto de chapas con el fin de aislar térmicamente la pared de la vasija del reactor que la contiene

BARRAS COMBUSTIBLES

En el caso de Atucha cilindros de 5.5 mts de longitud por 1 cm de diámetro que contienen las pastillas de dióxido de uranio. Un elemento combustible está formado por 37 barras

BARRAS DE CONTROL

Material absorbente de neutrones que se puede introducir o extraer del reactor con el fin de controlar la potencia del mismo

CADENA DE SUMINISTROS NUCLEARES

Cadena de proveedores que están calificados para suministrar una componente en una instalación nuclear

CALIBRACION DE LA REACTIVIDAD

Reactividad es el exceso o déficit de criticidad que debe ser compensado para el funcionamiento del reactor. Los componentes de un reactor deben ser calibrados contra un patrón para saber su valor.

CONTENEDOR BLINDADO

Recipiente para depositar material radioactivo o con contaminación. Posee un blindaje con el fin de que la exposición al ambiente sea la permitida por la autoridad licenciante

CRITICIDAD

Cuando la cantidad de neutrones de una generación es igual a la cantidad de la generación anterior. Equivalentemente, es cuando la cantidad de neutrones que aparecen de las fisiones es igual a los perdidos en el sistema por absorciones más las fugas

HABILITACION COMERCIAL

Habilitación para poder operar en el mercado eléctrico mayorista

LICENCIA OPERACIONAL

Licencia otorgada por la autoridad regulatoria nuclear para poder operar una instalación

LUMBRERAS

Ranuras en la parte superior de los canales donde fluye el refrigerante luego de extraer el calor de los elementos combustibles

VÁLVULAS FIAT

Válvulas fabricadas por la Empresa FIAT y que son de suma importancia para la extracción de calor del moderador en escenarios accidentales

PILETAS DE DECAIMIENTO DE COMBUSTIBLES GASTADOS

Almacenamiento húmedo transitorio donde se van acumulando los combustibles que ya no se utilizan en el reactor

PLENUM

Del latín plēnum «completo, lleno». Espacio cerrado por donde circula el refrigerante. Por el Plenum Inferior se introduce a todos los canales a baja temperatura. En el Plenum Superior se mezcla el refrigerante luego de extraer el calor por cada canal

QUEMADO

Una medida de la eficiencia energética del combustible. Sus unidades son de Energía/masa

RUIDO NEUTRÓNICO

Técnicas que sirven para caracterizar las frecuencias de vibración de los componentes internos de un reactor y sirven como un sistema de alerta temprana de fallas

SISTEMA INTERCONECTADO

Red nacional de energía gestionada por un despacho unificado de carga

SISTEMA SECUNDARIO

Sistema convencional (turbina, generador) donde se utiliza el vapor para generar energía eléctrica

SUB-CRÍTICO

Cuando en cada período el sistema genera menos neutrones que en el período anterior

SUMIDEROS DEL EDIFICIO

Lugar donde se recolecta el agua del edificio del reactor en el caso de accidentes de pérdida de refrigerante

TUBO SONDA DE NIVEL

Tubo interior del reactor donde se aloja un sensor para medir el nivel de agua de refrigeración

TOROIDE INFERIOR

Conducto en forma toroidal que rodea el tanque del moderador y que succiona el agua del mismo con el fin de que circule por los intercambiadores de calor. Elemento importante en escenarios de accidentes

ZIRCALOY

Las aleaciones de circonio son soluciones sólidas de circonio con otros metales, un subgrupo de ellas son la marca comercial Zircaloy. El circonio posee una muy baja sección eficaz de absorción de neutrones térmicos, alta dureza, ductilidad y resistencia a la corrosión. Una de las principales aplicaciones de las aleaciones de circonio es la tecnología nuclear, como material de vainas de combustible en reactores nucleares, especialmente en reactores de agua. Una composición típica de aleación de circonio de calidad nuclear incluye más de un 95% de circonio en peso y menos de un 2% de estaño, niobio, hierro, cromo, níquel y otros metales, añadidos para mejorar las propiedades mecánicas y la resistencia a la corrosión.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a D. Quilici, S. Harriague, R. Cirimello y J. L. Antúnez por haber leído detenidamente el manuscrito y haber señalado equivocaciones, ampliar detalles y dar precisiones que no se habían incorporado en las primeras redacciones de esta crónica. Varios fueron los colegas que nos animaron y estimularon para realizar esta tarea, leyeron versiones preliminares de este manuscrito y colaboraron de diversas maneras. Entre ellos se debe destacar y mencionar especialmente a E. Maqueda, a D.R Bes, a M. Mariscotti y a N. Alschuler quien además se tomó el trabajo de señalar nombres, citas y errores tipográficos. En toda la tarea preliminar resultó inapreciable la colaboración de Carolina Ruiz Mansilla en el procesamiento de la documentación que nos sirvió de respaldo para elaborar esta crónica y a S. Fabbri que resguardó gran parte de la documentación técnica.

Queremos realizar una mención especial a Vicente De Paz que desempeñó una tarea importante en la reparación y puesta en marcha de la Central y del cual se tomaron parte de escritos realizados por él y que falleció muy joven.

Expresamos todo nuestro agradecimiento a Nidia Basso, editora de la Revista Ciencia e Investigación de la AAPC por su arduo trabajo de leer estas crónicas y realizar importantes sugerencias para clarificar el contenido, ayudando a la publicación del mismo.

Los autores desean con todo recalcar que en modo alguno estas personas son responsables de los errores que puedan haber subsistido en estas páginas y que todas las afirmaciones son exclusiva responsabilidad nuestra.

CRÓNICA DE UNA REPARACIÓN (IM)POSIBLE
El incidente de 1988 de la C.N. Atucha I

Esta crónica repasa los acontecimientos de un desperfecto en la Central Nuclear Atucha-I a fines de 1988. Este incidente ocurrió en momentos en que el sistema interconectado nacional había colapsado, el panorama social revelaba claros signos de intranquilidad y la economía se encaminaba hacia la hiperinflación. El personal de la CNEA afectado a la tarea nunca había tenido que enfrentar un problema de tal magnitud y complejidad pero pudo sortear el desafío tecnológico basado en una sólida experiencia de investigación y desarrollo. Esos equipos técnicos defendieron su propio criterio y plan de trabajo frente a la propuesta de la empresa Siemens que había construido la central y tenía criterios profundamente diferentes para enfrentar la coyuntura.

ISBN 978-987-28123-6-2